A Monsieur Bagonans Professeur de Mathématiques Hommage — H. Maus

# Relazione

## del Cavaliere Enrico Maus

**Ispettore onorario nel Genio civile**

SUGLI STUDII DA LUI FATTI DELLA STRADA FERRATA DA CHAMBÉRY A TORINO
E SULLA MACCHINA DA LUI PROPOSTA PER IL PERFORAMENTO DELL'ALPI
FRA MODANE E BARDONNÈCHE

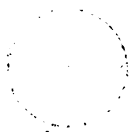
*e*

## Rapporto

**dell'Ispettore Cavaliere Pietro Paleocapa**

fattone alla Commissione incaricata dell'esame

coi

**Processi Verbali della Commissione medesima**

Torino
STAMPERIA REALE
—
1850

## Relazione del Cav. Enrico Maus

Il progetto della strada ferrata da Modane a Susa, destinata a divenire una sezione della strada ferrata da Ciamberì a Torino, è stato soggetto delle mie relazioni in data dell'8 agosto 1845, 26 marzo 1846, 29 giugno 1848.

Nella prima di esse io manifestava l'opinione che si potesse, mediante un tunnel di circa 10 kilometri, stabilire tra Modane e Susa una strada ferrata, di cui l'inclinazione massima pareva non dover oltrepassare 3 $^1/_2$ per cento.

Io proponeva di dividere la linea in una serie di piani inclinati messi in attività per mezzo di funi e motori idraulici, stabilendo le relative macchine alle entrate della galleria, per operarne il traforamento in meno di dieci anni.

Dopo aver ottenuto dal signor Ministro dell'Interno Des Ambrois l'autorizzazione di costrurre l'apparecchio d'esperimento destinato a procurarmi i dati speciali di cui abbisognava onde concretare il progetto definitivo, ed evitare le spese ed i ritardi, cui avrebbe necessariamente dato occasione ogni cangiamento in una macchina potente e dispendiosa, io proponeva nella seconda relazione di far eseguire quest'apparecchio dal signor Thémar. La terza infine rendeva conto dei risultati degli studi intrapresi per lo stabilimento della strada ferrata, e pel traforamento della galleria mediante un processo meccanico.

In oggi ho l'onore di presentare le varie parti del progetto, che comprendono:

1.° La Carta, nella scala di $^{1}|_{500,000}$, degli Stati di S. M. su cui sono indicate le tre direzioni proposte per istabilire una strada ferrata tra Ciamberì e Torino . . . . . . . . . . . . . 1 foglio.

2.° Profili longitudinali della catena delle Alpi, che separa i bacini, secondo le tre direzioni indicate sulla carta precedente . . . . . . . . . . . . 1 foglio.

3.° Piano generale delineato dallo Stato Maggiore, sulla scala di $^{1}|_{50,000}$, rappresentante la linea della strada ferrata tra Modane e Susa . . . 1 foglio.

4.° Piano topografico a curve orizzontali della linea di strada ferrata tra Modane e Susa, scala di $^{1}|_{10,000}$ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 fogli su tela.

5.° Profilo longitudinale corrispondente al piano topografico precedente, scala di $^{1}|_{10,000}$ per le lunghezze, ed $^{1}|_{2,000}$ per le altezze . . . . . 1 foglio.

6.° Piano topografico a curve orizzontali indicante i dettagli del progetto, scala di $^{1}|_{2,000}$ . . . . 5 fogli.

7.° Profili traversali d'altimetria, riferiti al piano generale di comparazione, scala doppia della mappa di Savoia ($^{1}|_{1186,23}$ pel versante nord, ed $^{1}|_{1,000}$ pel versante meridionale) che servirono a tracciare i piani topografici . . . . 3 vol. legati.

8.° Atlante delle opere d'arte . . . . . . . . . . 1 vol.

9.° Atlante delle opere destinate allo stabilimento delle macchine motrici alle entrate nord e sud della galleria a Modane e Bardonnêche . . . 1 vol.

10.° Fascicolo contenente le misurazioni e i calcoli.

11.° Piano della macchina per il traforo . . . . . 1 foglio.

L'esame delle carte precitate e gli sviluppi annessi a questa relazione dimostrano, io credo, a sufficienza che la strada ferrata da Ciamberì a Torino deve passare per Modane, Bardonnêche e Susa; poichè in questa direzione il terreno è più favorevole, il tunnel lungo

presso a poco la metà meno, e lo sviluppo notabilmente più breve che seguendo sia la valle dell'Orco, sia quella della Dora Baltea che furono proposte.

La strada ferrata passerà dall'uno all'altro bacino per mezzo d'un tunnel da aprirsi tra Modane e Bardonnêche nell'estensione di 12.290 metri; e con un pendio verso Modane di circa 0m.,019.

L'entrata meridionale che segna il punto il più elevato della linea, sarà situata a circa 1364 metri al dissopra del livello del mare, ed 800 metri al di sotto del punto culminante della strada reale sul Moncenisio.

La strada ferrata per innalzarsi dal livello della valle dell'Arc al suolo di questo tunnel, quindi scendere fino a Susa, non esigerà un'inclinazione maggiore di 0m.,035; e le curve, ad eccezione d'una di 400 metri, avranno almeno 500 metri di raggio.

La linea oltre al tunnel sarà divisa in 8 piani inclinati di circa 5 kilometri di lunghezza l'uno, alla cui attivazione si faranno servire, come si è praticato a Liège, cavi senza fine e macchine stazionarie, qui però mosse dall'acqua dei torrenti; sistema questo poco dispendioso tanto per lo stabilimento primitivo, come per la successiva manutenzione, e molto ben adatto alle pendenze ed alle circostanze topiche di questa linea.

Dietro i dettagliati apprezzamenti dei lavori per lo stabilimento della strada ferrata al di fuori del tunnel, non costerebbe essa per una lunghezza di 36,565 metri che 21,195,000 L. ossia 580,000 lire per kilometro, prezzo inferiore a quello della strada nella valle del Riccò e della Scrivia, che varia da 711,000 lire, a 734,000.

Gli ostacoli che presenta il passaggio del monte Cenisio non permettono di considerare questo passaggio come una lacuna facile a riempire con un servizio di vetture ordinarie, poichè durante parecchi mesi dell'anno le stesse vetture ordinarie debbono venir surrogate da slitte; il successo pertanto della strada ferrata da Ciamberì a Torino dipende dall'apertura della galleria di Bardonnêche.

L'elevazione della montagna da traforarsi non permette di aprire dei pozzi, come si pratica ordinariamente, e non si può lavorare a questo traforamento che dalle due estremità.

La ricerca d'un sistema meccanico capace di eseguire tale traforamento in poco tempo col mezzo d'un motore idraulico, facile ad ot-

tenere presso le entrate di questo tunnel, ha formato da tre anni l'oggetto costante de' miei studi: e dopo aver comprovata con esperienze dirette l'efficacia del sistema da me definitivamente abbracciato, quindi discusse dettagliatamente e calcolate tutte le forme e dimensioni dell'apparecchio che deve aprire la galleria preparatoria, io ne presento oggi il piano, colla speranza di traforare la galleria di 12290 metri in meno di 5 anni: ed ho nel felice esito di questa impresa la stessa fiducia, ch'io aveva proponendo, or son dieci anni, il progetto di macchine destinate a mettere in azione i piani inclinati di Liège, ciò che a quell'epoca consideravasi come la grande difficoltà delle strade ferrate del Belgio. E prima che trascorrano dieci anni io son persuaso che si farà il tragitto da Ciamberì a Torino, colla stessa sicurezza e la stessa celerità, che sulle migliori strade ferrate esistenti.

Mentre alcuni, cui sono ignoti gli spedienti della meccanica, trovano ineseguibile l'idea di far agire gli ordigni ad una distanza di 6 kilometri dal motore, altri vi sono invece che non comprendono perchè questo progetto non sia già in esecuzione da lungo tempo.

Io pregherò i primi d'osservare, che fu appunto la facilità colla quale io vedeva sui piani inclinati trasmettersi, a distanze considerevoli, sforzi di più migliaia di kilogrammi, che m'ha suggerita l'idea di applicare questo sistema per far agire ordigni molto lontani dal motore: questa maniera di trasmissione è dunque un fatto comprovato dall'esperienza, e non lascia il menomo dubbio sulla sua efficacia: non v'ha di nuovo, che l'idea di applicare lo sforzo della fune a far girare una ruota invece che a tirare un convoglio sopra una strada ferrata.

Agli altri dirò, che se il progetto non fu prima d'ora terminato, gli è ch'esso presentò difficoltà di dettaglio, che non mi fu dato risolvere in minor tempo.

La confidenza di cui mi si vuole onorare, le difficoltà che poi si incontrerebbero nel modificare una macchina complicata in una località lontana da ogni stabilimento di costruzione, le perdite di tempo e di danaro, a cui ciò esporrebbe, e la tema di compromettere con ritardi imprevisti il successo di questa bella ed utile intrapresa, tutto mi faceva una legge imperiosa di non presentare il progetto, se non

dopo avere, con uno studio profondo e completo, acquistata quella confidenza che mi chiamo felice di poter oggi nutrire.

Io propongo di stabilire immediatamente a Modane una delle due macchine per traforare; quand'essa avrà agito col buon esito, ch'io ne attendo, si stabilirà la seconda a Bardonnêche, e si continueranno i lavori con una compiuta certezza di riuscire; per modo che il Governo non può ravvisare come arrischiata in ogni più impreveduto e contrario evento, che la somma necessaria allo stabilimento di questa prima macchina, vale a dire circa 680,000 lire.

Cominciando in oggi questo lavoro, e continuando gli studi di questa linea, si sarà pronti ad aprire quest'importante comunicazione tostochè gli affari dell'Europa avranno ripreso il loro corso naturale.

Oltre ai vantaggi immediati, che procurerà una strada ferrata attraverso alle Alpi, col facilitare il movimento delle persone e delle merci nella Savoia e nel Piemonte, comunicazione di cui tutti apprezzano l'importanza e la necessità, per combattere la tendenza ognora crescente del commercio a portarsi verso Marsiglia [1], la strada ferrata da Ciamberì a Torino eserciterà anche un'influenza assai felice e feconda sull'industria e sulla ricchezza del paese, per la facilità ch'essa procurerà di usufruttare i corsi d'acqua dell'Arc e della Dora, apportando con poca spesa le materie prime, ed esportando verso la Francia e verso il Mediterraneo i prodotti delle manifatture, che si stabiliranno sopra questi potenti e non mai esausti fiumi. Per farsi un'idea dell'importanza di questa forza motrice, basti accennare, che da Ciamberì a Modane, e da Bardonnêche a Susa si può ottenere il lavoro di più che 70,000 cavalli-vapore, mentre tutte le macchine a vapore riunite del Belgio non rappresentano che 20,300 cavalli, di cui 15,600 sono impiegati ad estrarre il carbon fossile che deve alimentare gli altri.

Le popolazioni di queste valli sono intelligenti ed avvezze alle privazioni. Esse saranno contente di poter migliorare la loro sorte col lavoro delle manifatture, che una comunicazione rapida ed economica

(1) Per fare il tragitto da Torino a Lione, il corriere impiega da 45 a 50 ore, mentre che si potrà non impiegarne che 39 passando per Marsiglia, quando le strade ferrate da Torino a Genova, e quella da Lione a Marsiglia saranno terminate.

avvicinerà ad un paese assai fertile, il quale manderà loro a buon mercato i cereali e le altre derrate che mancano nelle montagne.

Si paragonino queste condizioni con quelle dell'industria degli altri paesi, dell'Alsazia p. es., che è assai prospera, malgrado le spese considerevoli di trasporto che deve sopportare onde far venire per la strada ordinaria dell'Havre o di Marsiglia il cotone ch'essa deve filare, e da S.t Étienne il combustibile che deve supplire all'insufficienza di motori idraulici; si noti altronde che il prezzo del carbon fossile va crescendo, e ch'esso renderà conseguentemente necessario un aumento nel prezzo dei prodotti fabbricati, mentre la forza dei motori idraulici rimarrà la stessa, e si otterrà con apparecchi di molto minor costo, che non sia la macchina a vapore; abbiasi infine presente che la Savoia contiene combustibili e miniere metalliche, presentemente inaccessibili, ma che diverranno assai proficue allorchè si potrà congiungerle per mezzo di diramazioni ad una grande strada a ruotaie di ferro; e si rimarrà convinti che la strada formata da Ciamberì a Torino, non solo agevolerà le relazioni commerciali esistenti, e ricondurrà nel Piemonte la circolazione, che gli fu tolta dalla navigazione del Rodano; ma creerà ancora nel paese una ricchezza reale, permettendo di trar partito delle forze e dei prodotti del suolo, di cui la natura l'ha dotato.

Le strade ferrate procurando agli Stati Sardi comunicazioni che mancano, faranno per l'industria di questo paese ciò che la macchina a vapore ha fatto per l'industria dell'Inghilterra.

Nell'un paese come nell'altro la manifattura arricchirà non solo quelli che vi lavorano, ma gli agricoltori eziandio che devono alimentare la popolazione artigiana, ed i marinari a cui essa darà merci da trasportare. Otterrebbonsi infatti in Inghilterra quelle immense rendite che si ottengono dal suolo, se l'industria non mantenesse una numerosa popolazione di operai, che si disputano a prezzo d'oro i prodotti dell'agricoltura? s'essa non pagasse ricche retribuzioni per le miniere che scava, e pel terreno che occupano le sue officine, le sue manifatture, ed i suoi magazzini?

L'attività di quella marina, che costituisce la ricchezza e la forza dell'Inghilterra, non è forse il risultato dell'industria manifatturiera

che paga la gente di mare per portare in tutti i punti del globo i prodotti della sua attività, e della forza ch'essa trae dal vapore? ed il Governo Inglese potrebb'egli ottenere i possenti mezzi di cui dispone, se l'industria non gli fornisse ad un tempo gli operai, ed il danaro per pagarli?

Gli è l'intimo convincimento di lavorare ad un'opera d'una immensa utilità, che m'ha costantemente sostenuto nello studio lungo e sovente penoso del mezzo di accelerarne l'esecuzione; ed è con un senso di contentezza ch'io son giunto a credermi abbastanza certo del successo per poter impegnare il Governo ad eseguire un'opera, ch'ei potrà considerare come un tentativo, ma che, io ne sono convinto, aprirà un'era novella alla prosperità del paese, e sarà considerata dalle nazioni vicine come un monumento dell'industria umana, che eternerà il nome del Principe, e degli uomini di stato che avranno avuto il coraggio d'intraprenderla.

# Sviluppi e Calcoli.

Studii topografici.

L'esame delle località e le informazioni somministrate dallo Stato maggiore sulle altezze relative delle due valli dell'Arc e della Dora, avendomi dimostrato che il punto il più favorevole per attraversare la catena delle Alpi era situato tra Modane e Bardonnêche, come l'aveva annunziato il signor Medail, si diede principio ad una livellazione che partendo dal valico di Frejus si estese sul versante nord sino al casale des Fourneaux, e sul versante meridionale fino a Susa, seguendo la valle della Dora riparia.

L'altezza del valico di Frejus al di sopra del mare non essendo conosciuta, si è riferita la livellazione ad un piano di comparazione supposto a 3000 metri al dissotto di questo valico: tale piano si è in seguito trovato essere situato a circa 416 metri al dissotto del livello del mare,

2

in guisa che tutte le cifre che trovansi nel progetto debbono essere diminuite di questa quantità onde avere le altezze sul livello del mare.

Le livellazioni longitudinali furono verificate, e servirono per riferire allo stesso piano di comparazione tutte le altezze di tutti i profili traversali.

Questi profili furono levati, secondo le località e l'abitudine degli operatori, con livelli a bolla d'aria, ad acqua, e da muratore.

Il piano delle località fu levato e ridotto alla scala di 1 a 2000, ad eccezione del piano dei dintorni di Modane, pel quale s'è fatto uso d'un'antica mappa del catasto, che fu in seguito ridotta alla scala di 1 a 2000.

I profili furono estesi sopra una scala doppia, e la loro direzione è indicata sui piani.

Si tracciarono su questi profili delle orizzontali che passano per la serie dei numeri indicanti le altezze di 5 in 5$^{m.}$ al di sopra del piano di comparazione, e si sono su questi profili determinate, indi proiettate sulla planimetria le intersezioni del terreno con quelle orizzontali; per ultimo si condussero per questi punti d' intersezione delle linee di livello, che danno un'esatta idea della forma del terreno. Gli è un siffatto piano che ha servito di base agli studii del tracciamento.

Situazione del tunnel

La scelta della località pel tunnel fu l'oggetto d'un esame maturo.

La prima idea era di far penetrare la strada di ferro nelle gole di Mardovine e Des Gerbiers presso Charmet; ma gli eccessivi pendii, gli ostacoli opposti dalle nevi e dalle acque che durante la metà dell'anno le rendono inaccessibili, la fecero ben tosto abbandonare, e ci indussero a collocarne l'entrata meridionale nella valle di Rochemolle al livello il più elevato cui poteva raggiungere la strada ferrata senza oltrepassare, in questo sito, la pendenza di 3 p.°|₀ che io considero come un limite che non conviene di oltrepassare in queste altissime e rigidissime regioni: ho in seguito cercato sul versante settentrionale il punto che meglio soddisfacesse alla doppia condizione di dare alla galleria la minor lunghezza e la minor pendenza possibile; di leggieri si comprende quanto importi procurare al transito dei viaggiatori in una tale galleria tutte le possibili garanzie di sicurezza.

M'era dapprima proposto di non oltrepassare l'inclinazione di 0,015, sulla quale i convogli, supponendo anche che i freni venissero meno,

non avrebbero punto presa una celerità pericolosa: ma questa pendenza manteneva l'entrata della galleria nella valle dell'Arc ad un livello che ne rendeva assai difficile l'accesso, bisognava nello sviluppare la strada ferrata farla ripiegare sopra se stessa, ed allungare d'un kilometro la scorsa della fune destinata a rimorchiare i convogli nell'interno della galleria, poichè essa doveva stendersi fino alla stazione di Modane, che doveva essere collocata necessariamente al vertice del risvolto.

Queste considerazioni m'hanno indotto a portare la pendenza del tunnel a 0,0188; che poco differisce da 0,015, e permette di stabilire la stazione di Modane presso l'entrata nord del tunnel: si accorcia così di circa 2500$^{m.}$ il cammino dal livello della valle dell'Arc sino a quest'entrata.

L'entrata nord della galleria non è stata progettata nella valle du Charmet, perchè la disposizione e la natura del terreno ne rendevano l'accesso troppo malagevole.

Il tracciamento della galleria determinato da queste considerazioni è quello che viene consigliato altresì dallo studio geognostico delle roccie componenti il massiccio da traforare. Si osservano infatti, a circa 300 metri all'est dell'asse verso l'entrata nord, delle masse di gesso anìdro, che giusta l'opinione del dotto geologo Cavaliere Sismonda, si trasformano nell'interno della montagna in calcare compatto. La direzione generale degli strati di questo gesso, o calcare, fa credere che il tunnel li raggiungerà a poca distanza dall'entrata, e continuerà in questa roccia per una gran parte di sua lunghezza; circostanza molto favorevole alla rapidità ed all'economia del traforamento.

Il sito della galleria così determinato tra la valle di Rochemolle ed il piccolo opificio sul rio di Rion-Roux presso Modane, mi sembra dunque soddisfare meglio d'ogni altro alle condizioni di abbassare quanto è possibile il punto culminante; d'offrire al di fuori facili accessi, e nell'interno un terreno solido e privo di quei noccioli di quarzo, che, senza nulla aggiungere alla resistenza della roccia, la rendono più difficile a traforare.

Tracciato della strada ferrata.

Per riparar meglio dalle nevi la strada ferrata, e renderla in questa regione elevata e rigidissima sicura quanto qualunque altra parte della

linea, ne portai il tracciato a qualche distanza dalla montagna, e quasi costantemente in rilevato, evitando le trincee che è difficile sgombrar dalle nevi.

Al nord della galleria la strada ferrata parte dal casale des Fourneaux, dove si trova al livello del suolo della valle, s'eleva per una salita di 0,03 al livello dell'entrata nord della galleria che è di circa $40^{m.}$ più alta del detto punto inferiore.

Abbreviato di metri 2500 il tracciato prima studiato, il punto di partenza del progetto è indicato presso l'ettometro n.° 25.

Sul versante meridionale la strada ferrata, a partire dalla galleria, discende con una pendenza variabile da 0,030 a 0,010, e non raggiunge il *maximum* di 0,035 che sopra una tratta di 8 kilometri. Essa si sviluppa con curve a grandi raggi nella valle che si stende da Bardonnêche a Oulx e Salbertrand; poi mercè un tunnel di $1860^{m.}$ perviene all'abitato d'Exilles inferiormente ad una strozzatura della valle stessa; si sviluppa in seguito sul versante della riva sinistra; passa tra il forte d'Exilles e il torrente; e potrà, se il Genio militare lo desidera, essere accostata alla montagna aprendo un tunnel poco esteso: traversa quindi in galleria un contrafforte troppo sporgente per essere girato, si sviluppa nei vigneti di Chaumont e penetra in due gallerie, l'una di $300^{m.}$ e l'altra di $2740^{m.}$; passa prima sotto il villaggio di Giaglione, poi sotto la strada reale, e sbocca nella valle del Cenisio a poca distanza dal sito ove questo torrente confluisce nella valle della Dora presso Susa.

Si è cominciato lo studio d'una variazione di linea, che riporterebbe la strada ferrata sulla riva destra tra i kilometri 41 e 42 e passerebbe presso Chaumont e Gravière; poi raggiungerebbe il livello della valle della Dora inferiormente a Susa.

Le operazioni topografiche intraprese in questa direzione non sono ancora, a motivo delle difficoltà di queste località, sufficienti per esternare un'opinione sul merito di questa indagine: si può tuttavia fin d'ora prevedere che un tale divisamento esigerà uno sviluppo assai considerevole del tunnel, ed allontanerà da Susa la stazione ove alle locomotive saranno surrogate macchine stazionarie.

Sebbene il qui annesso progetto presenti dati in assai maggiore quan-

tità e più precisi di quelli che compongano ordinariamente un progetto d'avviso, non si può tuttavia considerarlo come un progetto definitivo, poichè il tracciato non fu riportato sul terreno; questa verificazione è, come ben si vede, più necessaria in queste località difficili, che in qualunque altro sito; ma essa esige un tempo ed un personale, cui altri urgenti lavori riclamano imperiosamente. Noi faremo tuttavolta osservare, che la livellazione longitudinale essendo stata verificata, un errore in un profilo traversale non si riprodurrà nel successivo e non potrà avere conseguenze notevoli. L'insieme del lavoro tanto pei tracciamenti, quanto per le misurazioni può dunque venir ammesso con fiducia, poichè si potrà, modificando alcun poco sia il tracciato che il profilo, adattare il progetto al terreno in modo non meno soddisfacente, di quel che appare dalla traccia presentata. Insisterò tuttavia perchè gli studi di dettaglio siano immediatamente continuati, poichè l'esperienza mi ha convinto, che solo mediante prolungate ricerche si giugne a rendere ognor più soddisfacente il tracciato d'una strada ferrata anche in località molto meno difficili di quelle onde noi ci occupiamo. Le spese che esige lo studio del terreno sono rimborsate al centuplo dalle economie che procura una traccia meglio appropriata agli accidenti del terreno medesimo.

Valutazione della spesa.

La superficie dei fondi da acquistarsi calcolata col mezzo di sezioni trasversali, fu valutata dietro le informazioni somministrate dal signor Beraud, il quale prima di essere aiutante del Genio Civile, ha per lungo tempo esercitate le funzioni di geometra misuratore nella valle della Dora.

I movimenti di terra consistenti quasi unicamente in isterramenti di ghiaia da prendersi nel torrente per fare il rilevato della strada nel mezzo della valle, furono tuttavia calcolati senza il trasporto a 0l. 80 il metro cubo, per compensare alcuni scavi di roccia di poco conto, ma che non potranno essere utilizzati nelle incamiciature di pietra che sono state valutate separatamente.

Le opere d'arte progettate, come lo si può scorgere, su dimensioni un po' larghe, furono valutate a prezzi eccedenti le valutazioni somministrate dai signori Ingegneri Pillet e Belluomo, che fanno eseguire lavori in queste località.

Questi diversi calcoli diedero per la valutazione dei due tronchi al nord ed al sud della galleria, i seguenti risultati:

| | |
|---|---|
| Acquisto dei terreni . . . . . . . . . . . . . . . | 650,451. 25 |
| Lavori di terra . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,534,161. 60 |
| Opere d'arte compresi i tunnel minori . . . . . | 11,711,204. 40 |
| Massicciata, traverse di legno, guide di ferro, cuscinetti ecc. . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,299,240. 00 |
| Insieme . . . | 21,195,057. 25 |

La lunghezza sviluppata essendo di 36565$^{m.}$, il kilometro verrebbe a costare 580,000. 00, prezzo inferiore a quelli di L. 734000 e 711000 che sono i prezzi al kilometro nelle valli della Scrivia e del Riccò.

Questo risultato, che si può considerare come favorevole avuto riguardo alle grandi opere della sezione da Salbertrand a Susa, è dovuto alla parte facile che si stende da Bardonnêche a Salbertrand sopra una lunghezza di 18 kilometri, non che al prezzo poco elevato del legname, e dei materiali di costruzione, come le pietre e la calce che sono vicine alle opere da costrurre.

Una strada ferrata è dunque non solo possibile in queste località, ma essa non esigerà una spesa tanto alta quanto quelle che esigono altre linee in costruzione.

Traforamento del tunnel.

Onde condurre a termine la galleria di Bardonnêche il più prontamente possibile bisogna intraprendere il traforamento alle due estremità per mezzo di due sistemi meccanici, composti ciascuno d'un motore idraulico che mette in azione col mezzo di una corda senza fine un macchinismo composto di ordigni che a guisa di scalpelli percuotono ed intaccano la roccia nel fondo della galleria che va avanzando.

Per Motore idraulico ho preferito alla *turbine*, *la ruota a cucchiai*, perchè questa macchina è più conveniente per vincere le resistenze dovute all'inerzia delle grandi masse da muoversi, e permette di variare lo sforzo a spese della velocità, entro limiti assai estesi, senza alterare notevolmente l'effetto utile della forza motrice.

Per trarre da una cascata d'acqua tutto il possibile partito, si dee dare il più gran diametro ad una ruota a cucchiai, e non lasciar

sull'orlo inferiore della gora se non che un carico sufficiente per dare all'acqua che agisce col peso una velocità un poco superiore a quella della circonferenza della ruota; velocità che non è ordinariamente che di 2 a $3^{m.}$ per minuto secondo.

La facilità di aumentare l'altezza della caduta, ed il vantaggio di dare al sistema motore una semplicità, che ne rende economica la costruzione, e lo assicura contro accidenti ai quali è difficile por riparo in siti lontani dalle grandi officine, mi hanno indotto ad allontanarmi un poco dalla regola generale dando alla ruota una velocità abbastanza grande per poter montare sullo stesso asse la ruota idraulica e la puleggia scanalata che deve imprimere il movimento alla corda senza fine: l'azione dell'acqua motrice è di tal guisa trasmessa direttamente senz'alcun organo intermediario e procaccia la maggior semplicità possibile.

Le circostanze locali non hanno permesso di applicare questo sistema nella stessa maniera alle due estremità della galleria: noi le descriveremo adunque l'una dopo l'altra cominciando dall'entrata nord, vicina a Modane.

La velocità e lo sforzo del cavo sono dati dai calcoli seguenti.

Calcolo dinamico.

Nelle esperienze fatte a Valdocco gli strumenti percuotono 150 colpi per minuto; e siccome ciascun colpo corrisponderà ad un giro della ruota scanalata avente 1. 50 di diametro, il cavo dovrà percorrere metri $3.14 \times 1^{m.}.50 \times 150 = 706^{m.}80$ per minuto primo, ossia 11. 78 per secondo.

Si otterrà lo sforzo che dovrà esercitare il cavo, dividendo per la velocità di $11^{m.}78$ l'effetto dinamico da prodursi in 1″.

Questo effetto dinamico comprende il lavoro necessario

1.° Per comprimere gli elastri e vincere l'inerzia degli ordigni-scalpelli.

2.° Per fare equilibrio allo sfregamento degli assi della macchina.

3.° Per vincere la resistenza opposta dalla rigidezza della corda nell'avvolgerla sulle carrucole della macchina per traforare, e sulle pulegge motrici.

4.° Per vincere la resistenza delle girelle su cui s'appoggia il cavo, che varierà a misura che il lavoro va avanzando.

| | EFFETTO DINAMICO CHE RAPPRESENTA | | | |
|---|---|---|---|---|
| | L'effetto utile | La resistenza dovuta agli attriti | La rigidezza del cavo | Sfregamento delle girelle che portano il cavo |
| | ch. m. | ch. m. | ch. m. | ch. m. |
| **1.° EFFETTO DINAMICO UTILE** | | | | |
| Questo effetto rappresenta l'azione necessaria per tendere gli elastri, e vincere l'inerzia degli ordigni che battono contro la roccia. | | | | |
| Per tendere l'elastro di un ordigno occorre, conforme alle sperienze fatte in Val-d'-oc, un effetto dinamico uguale a .................... kilogr. 21. 15 | | | | |
| Il peso di un ordigno è di kilogrammi 13. 50: la velocità 0. 75 per minuto secondo; quindi l'azione esercitata per vincere l'inerzia $=\frac{1}{2}\cdot\frac{13.50}{9.80}\times\overline{0.75}^2=$ .................... 0. 39 | | | | |
| Azione totale per produrre la percussione di un ordigno ............... 21. 54 | | | | |
| La macchina conterrà 116 di questi ordigni che battono ciascuno 150 colpi per minuto; e tutti insieme colpi 17400 per minuto, ovvero 290 colpi per secondo con un effetto dinamico di $290\times 21.54$ .................... | 6,246 | | | |
| **2.° RESISTENZA DOVUTA AGLI SFREGAMENTI** | | | | |
| 1. Sfregamento degli ordigni che scorrono nei loro incastri $\frac{116\times 13.5\times 0.15\times 2\times 150\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 94 | | |
| 2. Spostamento laterale del telaio che porta gli ordigni $\frac{6929\times 7\times 150\times 0.006\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 58 | | |
| 3. Movimento della ruota a tacche che si valuta = .................... | ........ | 2 | | |
| 4. Distacco del rastrello $\frac{5440\,.\,7.00\times 0.02\times 150\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 152 | | |
| 5. Movimento delle aste che muovono il rastrello $\frac{500\times 7\times 0.15\times 2\times 150\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 210 | | |
| 6. Pressione verticale degli alberi motori sui loro cuscinetti $\frac{2500\times 3.14\times 0.22\times 150\times 2\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 691 | | |
| 7. Pressione orizzontale dei bracci di leva delle manivelle $\frac{\frac{5440}{3}\times 3.14\times 0.20\times 150\times 0.08\times 2}{60}=$ .................... | ........ | 455 | | |
| 8. Pressione orizzontale del cavo sulla puleggia posteriore $\frac{4600\times 3.14\times 0.20\times 150\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 578 | | |
| 9. Pressione orizzontale del cavo sulla puleggia anteriore $\frac{6900\times 3.14\times 0.20\times 150\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 867 | | |
| 10. Articolazione delle manivelle $\frac{\frac{5440}{3}\times 3.14\times 0.07\times 150\times 0.08\times 2}{60}=$ ..... | ........ | 159 | | |
| 11. Articolazione dei bracci delle manivelle $\frac{\frac{5440}{3}\times\frac{3.14\times 0.07}{90}\times 150\times 0.08\times 2}{60}=$ | ........ | 18 | | |
| 12. Sfregamento dei bracci di manivella negli anelli di guida $\frac{\frac{85\times 16\times 2}{3}\times \text{sen}\,4^\circ\times 2\times 150\times 0.30\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 8 | | |
| 13. Per le quattro carrucole di rimando $\frac{2700\times 3.14\times 0.15\times\frac{1.50}{2.00}\times 0.08\times 4.00\times 150}{60}=$ .................... | ........ | 763 | | |
| 14. Per la carrucola del carro di tensione $\frac{3800\times 3.14\times 0.15\frac{1.50}{3.40}\times 150\times 0.08}{60}=$ .................... | ........ | 158 | | |
| **3.° RESISTENZA DELLE CORDE** | | | | |
| Il cavo peserà 2 kilogrammi per metro lineare. | | | | |
| La resistenza per far aderire il cavo alla puleggia del macchinismo degli ordigni sarà: quantità costante $\frac{2}{0.23}\times\frac{0.35}{1.50}=$ .............. 1. 40; quantità variabile $\frac{2}{0.33}\times\frac{0.01255}{1.50}\times 1150=$ .... 57. 85; totale 59. 25. | | | | |
| Per cinque inflessioni avremo 296. 25 di cui i due terzi daranno un effetto di 197. 50 che moltiplicato per la velocità 11. 78 daranno l'effetto dinamico = ........ | ........ | ........ | 2. 327 | |
| La resistenza sulle pulegge delle ruote idrauliche sarà la stessa, modificata soltanto in ragione del numero dei giri e del diametro di esse pulegge $2327\times\frac{6}{5}\times\frac{1.50}{10}=$ .................... | ........ | ........ | 419 | |
| Resistenza delle carrucole di rimando: quantità costante $\frac{2}{0.33}\times\frac{0.35}{2.00}=$ ......... 1. 06; quantità variabile $\frac{2}{0.33}\times\frac{0.01255}{2}\times 1150^k=43.73$; $44.79\times 11.78\times 4.00=$ | ........ | ........ | 2. 111 | |
| Carrucola del carro di tensione: quantità costante $\frac{2}{0.33}\times\frac{0.35}{2.40}=$ ......... 0. 61; quantità variabile $\frac{2}{0.33}\times\frac{0.01255}{3.45}\times 500^k=11.18$; $11.79\times 11.78=$ .... | ........ | ........ | 139 | |
| **4.° RESISTENZA DI GIRELLE CHE PORTANO IL CAVO** | | | | |
| 13000 metri lineari di cavo a $2^{ch.}=26{,}000$; 1300 girelle a $25^{ch.}$ l'una .... $=32{,}500$; $58{,}500\times 11^{m.}78\times 0.08\times 0.10=$ | ........ | ........ | ........ | 5,513 |
| | 6,246 | 4,213 | 4,996 | |
| | 15,455 | | | 5,513 |
| | 20,968 | | | |

L'effetto dinamico totale da produrre per minuto secondo sarà dunque al principio dei lavori di . . . . . . . . . . . . . . 15, 455 kil.

Al fine dei lavori di . . . . . . . . . . . . . . . . . 20, 968.

Termine medio . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 18, 211.

E lo sforzo della fune varierà da 1310 a 1780 kilogrammi. Assegnando come a Liège una trazione di $1^{k.}$ 50 per millimetro quadrato di sezione, e tenendo conto del carico del carro di tensione, si ottiene pel diametro della fune $0^{m.}$ 044.

Per produrre in 1″ l'effetto dinamico di 15,455 kil. con una caduta, che noi supporremo solamente eguale ad $^{8}|_{10}$ di $6^{m.}$ diametro della ruota, ossia $4^{m.}$ 80, è necessario un volume d'acqua eguale a $3^{m.}$ 22 per secondo; e per ottenerne uno di 20,968 si richiede una quantità di metri cubi 4. 38.

Le ruote idrauliche dovranno dunque ricevere da $3^{m.}$ 22 a 4.38 ogni secondo; quantità molto inferiore alla portata dell'Arc che ho trovato in ottobre ultimo eguale a 13 metri cubi per minuto secondo.

Per dare alla fune la velocità di $11^{m.}$ 78 le pulegge scanalate avranno $10^{m.}$ di diametro e faranno 22 ¼ rivoluzioni per minuto.

Le ruote idrauliche di $6^{m.}$ di diametro avranno alla circonferenza una velocità di $7^{m.}$ 06.

L'acqua affluirà sulla ruota colla velocità di $8^{m.}$ 12 col mezzo di un carico d'acqua di $3^{m.}$ 50.

I cucchiai saranno di lamiera di ferro e chiusi in una gora circolare che abbraccia il quarto inferiore della circonferenza della ruota onde impedire che l'acqua sia slanciata via dalla forza centrifuga.

Gli assi saranno inclinati in senso inverso di circa 0,005, affine di far corrispondere esattamente le scanalature delle pulegge che devono essere avvolte dalla fune continua.

Si è abbassato il canale di scarico al dissotto del livello delle pulegge scanalate affine di mantenerle a secco senza ricorrere a verun mezzo artificiale.

L'aumento della caduta, risultante da un carico d'acqua maggiore dell'ordinario, e dall'abbassamento del canale di scarico, raggiunge la misura di $4^{m.}$ di altezza verticale, che si sono potuti acquistare prolungando il fosso sfogatore; locchè costerà meno che la spesa delle

ruote dentate coi loro alberi e l'aumento di volume delle ruote idrauliche, che sarebbero state altrimenti necessarie per meglio vantaggiarsi di una caduta minore.

Il sistema proposto sarà dunque più economico e meno esposto a inconvenienti.

L'edifizio che contiene le ruote idrauliche fu collocato allato dell'entrata della galleria, onde attenuare le spese, che sarebbero state per circostanze locali, maggiori di circa 60,000 L., se si fosse stabilito sull'asse del tunnel.

Questa disposizione laterale ha pochi inconvenienti, come lo provano le macchine di Liège disposte in una maniera analoga, e si coordina meglio dell'altra situazione allo impiego di queste macchine per rimorchiare i convogli sul piano inclinato che mette capo all'entrata nord della galleria.

Gli alberi delle ruote saranno in ferro fuso vuoti; i razzi in legno. e i cucchiai in lamiera di ferro; e divisi in tre compartimenti da due corone intermedie egualmente in lamiera, e legate all'albero, come le corone esteriori, a mezzo di tiranti e diagonali di ferro che consolideranno perfettamente l'insieme delle ruote. La circonferenza delle pulegge scanalate sarà in ferro fuso; alcuni correnti orizzontali ne legheranno i bracciuoli con quelli della ruota, e daranno a tutto il sistema la solidità e la rigidezza necessarie.

L'acqua motrice penetra nello edifizio per un canale, che ne occupa la parte superiore, e dal quale discendono due doccie costituite ciascuna da tre piastre verticali in ferro fuso, e da tavoloni orizzontali assicurati a mezzo di chiavarde alle suddette piastre.

Le due estreme piastre formano le pareti verticali di queste doccie: quella di mezzo non ha altro oggetto che di diminuire la tratta libera dai tavoloni.

La sezione della doccia è abbastanza grande, perchè la velocità dell'acqua vi sia solo di $1^{m.}$ 25 per secondo; e la contrazione si fa allo sbocco. La quantità d'acqua affluente sulla ruota è regolata da una valvola o paratoia a cerniera. Allorchè questa paratoia ha l'apertura che compete al lavoro ordinario, essa fa col fondo della doccia l'angolo che Dubuisson indica come quello che non scema che di 0. 02 la celerità dell'acqua.

La pressione dell'acqua contro la valvola è equilibrata da un contrappeso, affinchè il meccanismo regolatore non abbia che un debole sforzo ad esercitare per accrescere o scemare il volume d'acqua affluente, proporzionalmente alla resistenza variabile.

Il cavo deve servire non solo a dare movimento agli ordigni, ma eziandio a rimorchiare i vagoni che servono a trasportare i materiali, servizio che esige uno sforzo ed una velocità molto minori.

Regolatore delle ruote idrauliche.

I regolatori ordinarii mantengono l'uniformità del movimento malgrado le variazioni di resistenza del motore, ma non procurano quest'uniformità che pella velocità per la quale furono costrutti: ho dunque dovuto studiare un sistema, che assicurasse un movimento regolare a diversi gradi di velocità.

Quest'effetto è ottenuto mercè le disposizioni seguenti.

La leva della suddetta valvola o paratoia è governata da un collare di ferro in cui è scavata una madre-vite: questo collare può alzarsi girando intorno alla vite, che lo porta, ed abbassarsi allorchè il movimento è applicato al maschio.

La macchina fa muovere il maschio o la femmina della vite mediante una trasmessione di movimento sottomessa alla azione d'una specie di pendolo conico, che agendo sul maschio della vite per eccesso di velocità abbassa la paratoia; ed agendo per difetto di velocità sulla madre-vite fa alzare la paratoia medesima. La comunicazione di movimento cessa, e la paratoia resta ferma quando la ruota ha il conveniente grado di velocità. Quest'interruzione nell'azione della ruota sulla paratoia è determinata dall'equilibrio, che si stabilisce tra la forza centrifuga delle due palle del pendulo, ed una pressione centripeta prodotta dall'azione del peso d'una bilancia: ciascun grado di pressione corrisponde ad una data misura di forza centrifuga, e ad una velocità determinata della ruota, che viene di tal guisa regolata dalla posizione del peso sul braccio della bilancia.

Uno spuntone impedisce la vite o la madre-vite di muoversi, secondochè è la madre-vite o la vite quella che deve agire e far cessare l'azione della ruota sul regolatore, quando la paratoia è arrivata ai limiti della sua scorsa: infine un piccolo pendulo speciale servirà a chiudere subitamente la paratoia in caso di rottura della corda.

Carro di tensione.

Il cavo dopo aver fatto tre mezzi giri sovra ciascuna delle due pulegge scanalate, esce dall'edifizio e passa sulla carrucola del carro di tensione della quale abbraccia una semi-circonferenza. Il carro di tensione scorre sopra una strada ferrata, la di cui estensione misura la lunghezza per la quale il tunnel può avanzarsi senza uopo di allungare la fune: tale tratto fissato provvisoriamente a 250$^{m.}$ potrà essere aumentato più tardi.

Dopo l'esecuzione dei lavori della galleria, la ventilazione si stabilirà naturalmente, a cagione della differenza di temperatura dell'aria interna ed esterna, e di quella dell'aria che regna nelle due valli del nord e del mezzodì; in guisa che non sarà d'uopo provvedere al rinnovamento dell'aria con mezzi meccanici fuorchè durante la costruzione.

Ventilatori.

Io aveva dapprincipio l'idea di dividere in due la galleria mediante un tramezzo verticale stabilito nel mezzo della sua larghezza, e d'impiegare due ventilatori, l'uno per ispingere l'aria nel primo compartimento, e l'altro per aspirarla dal secondo; ma le girelle su cui scorre il cavo fornendoci già altrettanti assi animati da un movimento rapido di rotazione, di cui si può profittare su tutta l'estensione della galleria, io credo che sarà più conveniente di adoprare de' ventilatori, da collocarsi a quelle distanze, che l'esperienza indicherà. Ciascun ventilatore sarà montato sull'asse d'una girella di cui al bisogno si varierà il diametro per ottenere la velocità desiderata; e s'aumenterà lo sforzo motore allontanando le girelle contigue, onde lasciar gravitare una maggior lunghezza di cavo sulla girella che deve mettere in moto il ventilatore. Questi apparecchi agiranno in un tubo in guisa che l'uno comprimerà l'aria che sarà aspirata dall'altro; saranno poco dispendiosi; facili a costrurre; e forniranno un volume d'aria ben sufficiente, quando si ponga mente che non vi è combustione di polvere, e che gli operai saranno poco numerosi.

Presa d'acqua.

Onde evitare la spesa d'una chiusa, la presa d'acqua è stabilita in un sito ove il fondo del torrente è più elevato del livello dell'acqua che si vuole ottenere, ed una chiavica regolandone l'erogazione determina il livello del canale. Si consoliderà il fondo del torrente rimpetto alla presa d'acqua (se ciò divien necessario) con un graticolato

massicciato negli interstizii come si pratica per fondare in terreni paludosi.

Officina di riparazioni.

Per riparare gli strumenti, che bisognerà cambiare piuttosto di frequente, ed al bisogno, per ristaurare i membri della macchina, d'uopo è stabilire presso all'entrata della galleria un'officina provvista di fucina, banchi di maestri, ed ordigni per traforare, levigare e tagliare il ferro.

Questa officina sarà stabilita presso il corso d'acqua proveniente da una copiosa sorgente che è vicina a Modane; del qual corso si farà uso per muovere i mantici e i macchinismi dell'officina. Quest'acqua che conserva una temperatura elevata anche in inverno, sarà introdotta nel canale. L'aggiunta di questa sorgente, combinata colla altezza di metri 1.50 a cui tiensi l'acqua, impedirà che il congelamento venga ad infirmare l'azione motrice.

Gallerie transitorie.

La naturale disposizione del terreno obbliga a tracciare in curva le due estremità della galleria, onde metterla in accordo colla traccia della strada ferrata, che vi mette capo; ma si prolungherà l'allineamento del tunnel fino all'aperto celo, mediante due piccole gallerie provvisorie, per agevolare le operazioni topografiche che debbono assicurare l'incontro dei due tronchi cominciati alle estremità opposte.

La strada ferrata di servizio stabilita nella galleria preparatoria sarà prolungata da una parte fino all'officina onde serva al trasporto degli strumenti; e dall'altra verso il rilevato della strada ferrata per servire al trasporto de' materiali finchè sia aperta la parte curva del tunnel.

La roccia su cui la macchina deve agire è ricoperta di terra, ghiaia e pietre, che non presentano la consistenza necessaria ad impiegarvi il macchinismo per traforarla: d'uopo è dunque eseguire una parte di galleria preparatoria coi mezzi ordinarii. Dal profilo del terreno si può presumere che questa galleria presenterà uno sviluppo di circa 270$^{m.}$. Si potrà eseguire questo lavoro in sei mesi mediante due pozzi, l'uno di 17 e l'altro di 28$^{m.}$.

Lavoro dalla parte meridionale.

Sul versante meridionale si dovrà parimente praticare una galleria provvisoria; e si potrà collocare la macchina nel prolungamento dell'asse della galleria. La quantità d'acqua essendo da questa parte minore, bisogna aumentarne la caduta, ed a questo fine ho divisato porre due ruote idrauliche, l'una al dissopra dell'altra, acciocchè l'acqua

stessa agisca successivamente sulle due ruote. Un'officina di riparazione sarà stabilita presso l'entrata della galleria: bisognerà inoltre costrurvi una casa per alloggiarvi gl'impiegati.

Per situare il suolo della galleria basso quanto è possibile, si raddrizzerà e si approfonderà il letto del torrente.

Macchinismo pel traforamento.

La macchina per traforare, che i descritti motori debbono animare, è destinata ad aprire una galleria preparatoria di $4^{m.}$ 40 di larghezza sopra $2^{m.}$ 20 di altezza: essa per mezzo d'intagli orizzontali e verticali dividerà le pietre in fette, che si toglieranno via mano a mano col mezzo di cunei e colpi di martello. La macchina non occuperà che la metà della larghezza della galleria, in guisa che mentr'essa agirà sopra una metà, si toglieranno i massi tagliati nell'altra.

Quando questa galleria sarà penetrata a qualche profondità, si comincierà ad allargarla, sia coi mezzi ordinariamente praticati, sia con una macchina fondata sullo stesso principio che quella che noi proponiamo.

Tempo occorrente al traforamento.

Gli esperimenti fatti all'officina del Valdocco con un apparato di prova hanno dimostrato che gli ordigni o scalpelli potevano penetrare nella roccia che si tratta di traforare, in ragione di 1 a 2 ed anche 3 centimetri per minuto, secondo che s'impiegano elastri più o meno forti, scalpelli di tempera più o meno dura, e che la macchina avanza più o meno celeremente. Non calcolando che un centimetro per minuto primo sulla mezza larghezza di galleria, e quindi ½ centimetro su tutta, si potrebbero traforare 7. 20 al giorno, che noi riduciamo a $5^{m.}$ per tener conto del tempo per cambiare gli ordigni.

Cinque metri da ciascuna parte corrispondono a $10^{m.}$ per giorno, o 3600 per anno, attalchè in quattro anni succederebbe l'incontro dei due tronchi di galleria che procedono da parte opposta. Noi aggiungiamo un anno pei ritardi imprevisti, ed avremo 5 anni.

Importo del traforamento.

Il personale debb'essere poco numeroso, ma composto d'individui assai capaci. Ho portati gli assegni ed i salarii ad una misura che permetta di aver buoni impiegati per questo lavoro, che non offrirà le attrattive delle officine di costruzione ordinaria.

A tenore dei prospetti di calcolo uniti a questo rapporto, il metro di avanzamento costerebbe 238 lire.

Per traforare 12,290$^{m.}$ vi vorranno . . . . . . . 2,925,020 lire
Le spese di stabilimento dei motori saliranno ad 1,280,000

Totale . . . . . . . 4,205,020

In guisa che con meno di 4 milioni e ¼ di lire si potrebbe già passare sotto le Alpi in una galleria di 4$^{m.}$ 40 di larghezza sopra 2. 20 di altezza.

Per allargare e dare a questa galleria preparatoria le dimensioni di tunnel a doppia via, potrassi far uso sia dei mezzi ordinarii, sia dello stesso macchinismo.

Importo della galleria compiuta.

In ambi i casi la spesa per metro cubo non ascenderà certamente a 20 lire, poichè il prezzo ordinario dello sterro in questa pietra non è che di circa 15 lire; e la macchina potrà staccare massi più grossi che traforando la galleria preparatoria, sicchè per ottenere la larghezza ordinaria di 8$^{m.}$ e l'altezza alla chiave di 6$^{m.}$ bisognerebbe aggiungere meno di 9,272,000 lire alla somma di 4,205,020 lire, di cui il totale aumentato di una conveniente somma di riserva, porterà a lire 13,800,000 il costo della galleria di Bardonnêche.

Principio dell'opera dalla parte di Modane.

La galleria prende il suo declive dalla parte di Modane: da questa parte inoltre dobbiamo incontrare ben presto roccie prive di quarzo, in guisa che il lavoro avanzerà più rapidamente: finalmente Modane offre per alloggiare e nudrire il personale mezzi che mancano a Bardonnêche, e che sono necessarii per ottenere il concorso di impiegati capaci, abituati ad una certa agiatezza. Quando il successo avrà incoraggiata questa costruzione, si supereranno più facilmente gli inconvenienti del lato opposto.

Credo dunque dover proporre di cominciare da Modane, quantunque in un'epoca in cui gli studi erano meno avanzati, io avrei data la preferenza a Bardonnêche.

Lavori da intraprendersi tosto.

I progetti sono presentemente abbastanza completi per mettere immediatamente in aggiudicazione l'apertura del canale, la costruzione degli edifizii destinati alle ruote idrauliche ed all'officina di riparazione, e l'apertura della galleria provvisoria presso Modane.

Considerando la perfezione nell'esecuzione della macchina come una condizione indispensabile alla buona riuscita, io proporrei di dar

commissione di questo lavoro allo stabilimento di Seraing, di cui ho potuto apprezzare l'accuratezza nei suoi prodotti durante il tempo ch'io diressi l'esecuzione delle macchine stazionarie di Liège.

I prezzi poco alti che questo stabilimento ha domandati pel materiale della strada ferrata, e che gli meritarono la preferenza, mi fanno credere che vi sarà parimente un vantaggio a dargli commissione delle ferramenta per le ruote idrauliche, le carrucole ed il carro di tensione, il quale esige a motivo della grande velocità del cavo una grande precisione per prestare un buon servizio.

Modo di far le paghe.

Quanto al procedere economico io proporrei di applicare al traforamento della galleria provvisoria un sistema che già produsse i più felici risultati in grandi officine di costruzione. Esso consiste nel dare a tutti gli impiegati ed operai un salario fisso, e per soprappiù un premio regolato in ragione del progresso ottenuto in ciascun giorno. Questi premii saranno applicati a tutti gli addetti all'opera, e proporzionati alla parte d'influenza che ognun d'essi può esercitare sul lavoro.

Menzione di personale.

Terminando la relazione dei primi studii io rammenterò, che le operazioni di campagna cominciate in luglio e terminate in dicembre 1845 non hanno costato che la somma di lire 27,439. 49, risultato favorevole che è dovuto allo zelo ed all'attività degli impiegati, che furono incaricati di queste operazioni, fra i quali io citerò i signori Rombaux incaricato di dirigere le operazioni, Garavagno, Oddone, Rabini, Ferrero, Bertinaria, Lupo, Béraud, Gerbaldi e Vigna.

Gli studii d'uffizio furono fatti negli intervalli di altri progetti, ed io debbo ricordare il signor Rombaux che mi prestò il concorso zelante del suo ingegno nella redazione del progetto della macchina, i signori Mella, Gardini e Rossi che han fatto prova di zelo e di perizia nelle parti del progetto di cui furono incaricati, e l'abile disegnatore signor Lombardi.

La macchina di Valdocco eseguita dal signor Thémar collo zelo e la capacità di maestro, recò insieme alle varie esperienze una spesa di lire 17,284, somma poco considerevole a fronte delle nozioni ch'essa ci ha procurate, e della fiducia che ci porge pei lavori da eseguirsi in grande.

Riassunto.

Riassumendo: si può stabilire una strada ferrata che attraversi le Alpi tra Modane e Susa

1.° Col mezzo d'una galleria che prende la lunghezza di metri 12,290 valutata . . . . . . . . . . . . . . . . . . lire 13,804,943
che si può praticare in 5 anni.

2.° Con due tronchi di strada ferrata che mettono in accordo la galleria da un lato colla valle dell'Arc, e dall'altro con Susa, d'uno sviluppo di metri 36,565, valutati a . . . . . . . . . . . . . lire 16,895,817

Aggiungendo il costo della massicciata e del legname e ferramenta per armare la strada in ragione di lire 88 il metro di doppia via sopra una lunghezza di metri 48,855, valutati a . . . . . . . . . . . lire 4,299,240

Il totale . . . . lire 35,000,000

rappresenterà la somma necessaria per traforare le Alpi e stabilire la sezione la più difficile della strada ferrata da Ciamberì a Torino sopra un'estensione di circa 49 kilometri, che vuol dire più del quarto di tutta la distanza.

Quando si consideri che la valle dell'Arc al dissotto di Modane offre una pendenza ed una direzione regolare che permetterà di stabilirvi una strada ferrata con una moderata spesa; che la valle della Dora tra Susa e Torino presenta un terreno assai favorevole, che non esigerà se non pochi movimenti di terra e nessun'opera d'arte considerevole; e che la strada ferrata da Ciamberì a Torino può essere facilmente congiunta con Lione, si rimarrà convinti che il traforamento della galleria di Bardonnêche trarrà seco necessariamente la costruzione d'una strada ferrata che da Parigi e da Londra si stenderà senza interruzione, salvo il passaggio della Manica, fino a Genova e Venezia, riunendo la patria dell'industria con quella delle belle arti, ed attirando verso la Savoia ed il Piemonte una circolazione ed un movimento commerciale, che gli ostacoli naturali sembravano interdire a questi paesi.

Questa strada svilupperà l'industria mercè le forze naturali, di cui consentirà che si tragga profitto, ed arricchirà le tre grandi divisioni del regno.

D'uopo è avvantaggiarsi dell'attuale tempo di crisi per preparare la soluzione del problema della galleria, ed essere pronti a valersi della prima rianimazione degli affari per eseguire questa grande ed importante intrapresa.

Ho in conseguenza l'onore di proporre:

1.° Di aggiudicare immediatamente i lavori del canale di derivazione, della galleria provvisoria, e degli edifizii da stabilirsi presso Modane; e di dare allo stabilimento di Seraing la commissione della macchina da traforare le roccie e delle ferramenta delle ruote idrauliche.

2.° Di compiere e prolungare verso Ciamberì e verso Torino quegli studii che ho eseguiti tra Modane e Susa.

Torino l'otto febbraio 1849.

*L'Ispettore onorario del Genio Civile*
E. MAUS.

STABILIMENTO *delle ruote idrauliche e della macchina per forare la roccia all'ingresso verso nord del tunnel, in vicinanza di Modane.*

## SVILUPPO DELLA STIMA

| INDICAZIONE DEGLI OGGETTI DI SPESA | | AMMONTARE PARZIALE | | AMMONTARE TOTALE | |
|---|---|---|---|---|---|
| Canale di derivazione e via del carro di tensione | Acquisto di terreni; di casa; e compensi | 26,381 | 44 | 110,106 | 02 |
| | Maneggio di terre — Sterro e carico | 38,723 | 20 | | |
| | Maneggio di terre — Trasporto | 23,412 | 84 | | |
| | Opere d'arte | 24,588 | 54 | | |
| Fabbricato delle ruote idrauliche | Muratura | 64,678 | 70 | 81,484 | 72 |
| | Porte, finestre, coperti ecc. | 10,750 | 45 | | |
| | Legname per il canale conduttore | 6,055 | 57 | | |
| Ruote idrauliche, pulegge e funi | Ghisa e ferro per le doccie e paratoie | 32,663 | 00 | 148,822 | 00 |
| | Due ruote idrauliche; e due pulegge | 72,302 | 00 | | |
| | Due regolatori | 12,232 | 00 | | |
| | Carruccole di rimande; girelle di sostegno della fune; e carro di tensione | 24,125 | 00 | | |
| | Funi | 7,500 | 00 | | |
| Macchina per forare | — Macchine; ed ordigni di ricambio | 165,000 | 00 | 165,000 | 00 |
| Officina pei ristauri | Fabbricato | 37,641 | 44 | 67,641 | 44 |
| | Attrezzi | 30,000 | 00 | | |
| Galleria preparatoria | Pozzi e galleria | 90,420 | 00 | 106,920 | 00 |
| | Guide provvisorie; e vagoni | 16,500 | 00 | | |
| | | | AMMONTARE TOTALE | 679,974 | 18 |

*E per rotondità L.* 680,000

STABILIMENTO *delle ruote idrauliche e della macchina per forare la roccia all'ingresso al sud del tunnel, nelle vicinanze di Bardonnêche.*

## SVILUPPO DELLA PERIZIA

| Numero progressivo | INDICAZIONE DEGLI OGGETTI DI SPESA | AMMONTARE | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | PARZIALE | | TOTALE | |
| 1 | Acquisto di terreni | 4,372 | 77 | 135,302 | 11 |
| 2 | Canale d'erogazione, presa d'acqua, e canale di scarico | 56,822 | 67 | | |
| 3 | Scavo del letto del torrente Rochemolles, e scogliera | 36,794 | 35 | | |
| 4 | Strada del carro di tensione, e muri di sostegno | 18,392 | 35 | | |
| 5 | Ponte sul torrente Rochemolles | 16,919 | 97 | | |
| 6 | Fabbricato delle ruote idrauliche | 35,851 | 73 | 35,851 | 73 |
| 7 | Idem per l'officina di riparazione | 37,741 | 14 | 77,191 | 14 |
| 8 | Idem idem dei fabbri | 7,850 | 00 | | |
| 9 | Idem per magazzino di carbone | 7,200 | 00 | | |
| 10 | Casa pegli impiegati | 24,500 | 00 | | |
| 11 | Macchinismo per forare la roccia, con ordigni di ricambio; ruote idrauliche; carro di tensione; e funi | 320,000 | 00 | 320,000 | 00 |
| 12 | Suppellettile dell'officina di riparazione | 30,000 | 00 | 30,000 | 00 |
| | AMMONTARE TOTALE | | | 598,344 | 98 |

*E per rotondità L.* 600,000

# TRAFORAMENTO

## DELLA GALLERIA PRIMORDIALE

*Valutazione della spesa occorrente ad ogni metro lineare di avanzamento.*

PROSPETTO *della mano d'opera e delle diverse materie necessarie nel corso*

| INDICAZIONE DEL PERSONALE | Numero degli individui | Salarii giornalieri | | AMMONTARE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | PARZIALE | | TOTALE | |
| **Interno del tunnel.** | | | | | | | |
| A. *Direzione dei lavori e della macchina.* | | | | | | | |
| Ingegneri-capi dei lavori | 2 | 20 | 00 | 40 | 00 | .......... | ... |
| Capi d'officina | 3 | 10 | 00 | 30 | 00 | .......... | ... |
| Meccanici | 6 | 5 | 00 | 30 | 00 | .......... | ... |
| Operai | 9 | 2 | 00 | 18 | 00 | .......... | ... |
| Totale | 20 | | | 118 | 00 | 118 | 00 |
| B. *Lavori di sterramento.* | | | | | | | |
| Capi del lavoro | 3 | 5 | 00 | 15 | 00 | .......... | ... |
| Tagliapietre | 6 | 4 | 00 | 24 | 00 | .......... | ... |
| Operai | 9 | 2 | 00 | 18 | 00 | .......... | ... |
| Totale | 18 | | | 57 | 00 | 57 | 00 |
| **Ruota idraulica.** | | | | | | | |
| Meccanici | 2 | 5 | 00 | 10 | 00 | .......... | ... |
| Assistenti-meccanici | 2 | 3 | 00 | 6 | 00 | | |
| Totale | 4 | | | 16 | 00 | 16 | 00 |
| **Officina di riparazione.** | | | | | | | |
| Direttore | 1 | 10 | 00 | 10 | 00 | | |
| Fabbri-ferrai | 5 | 4 | 00 | 20 | 00 | .......... | ... |
| Fabbri assistenti | 5 | 3 | 00 | 15 | 00 | | |
| Appuntatori | 5 | 3 | 50 | 17 | 50 | .......... | ... |
| Regolatori delle macchine | 2 | 3 | 00 | 6 | 00 | .......... | ... |
| Assistenti-regolatori | 2 | 2 | 00 | 4 | 00 | .......... | ... |
| Tornitori | 1 | 4 | 00 | 4 | 00 | .......... | ... |
| Spianatori | 1 | 4 | 00 | 4 | 00 | .......... | ... |
| Fuochisti | 2 | 3 | 00 | 6 | 00 | .......... | ... |
| Aiutanti-fuochisti | 1 | 2 | 50 | 2 | 50 | .......... | ... |
| Scernitori | 1 | 3 | 00 | 3 | 00 | .......... | ... |
| Operai | 2 | 2 | 00 | 4 | 00 | .......... | ... |
| Totale | 28 | | | 96 | 00 | 96 | 00 |
| **Contabilità e Corrispondenza.** | | | | | | | |
| Agente contabile | 1 | 7 | 00 | 7 | 00 | | |
| Speditore | 1 | 3 | 50 | 3 | 50 | .......... | ... |
| Totale | 2 | | | 10 | 50 | 10 | 50 |
| TOTALE GENERALE | 72 | | | | | | |
| **Materie diverse.** | | | | | | | |
| Acciaro | | | | 180 | 00 | .......... | ... |
| Alimento del fuoco di fucina | | | | 25 | 00 | | |
| Alimento del grande forno | | | | 25 | 00 | | |
| Illuminazione | | | | 12 | 00 | .......... | ... |
| Untura | | | | 3 | 00 | | |
| Fune | | | | 75 | 00 | .......... | .. |
| Spese per varii oggetti | | | | 95 | 00 | | |
| Totale | | | | 415 | 00 | 415 | 00 |
| TOTALE GENERALE | | | | | | 712 | 50 |

La spesa per metro corrente dipenderà dall'avanzamento giornaliero e sarà di ....
e di .....

Cioè mediamente ....

La spesa per la strada ferrata provvisoria da costruirsi colle guide de' cuscinetti di ferro forniti dalla R.ª Commissione sarà di ....
per i condotti d'aria ..........................
per i ventilatori ..............................
per le piccole girelle che sostengono la fune ....
per le spese d'asciugamento si contano .........

TOTALE ....

*di una giornata per la macchina destinata a forare la roccia.*

## Osservazioni sulla divisione del lavoro; e sulle basi della valutazione

Si suppone che da principio non si ottenga che un avanzamento di 3 m. c. al giorno; il che corrisponde a sei spostamenti della macchina. Ogni capo d'officina dirigerebbe quindi due spostamenti in 8 ore.
I meccanici sono addetti due a due a ciaschedun capo d'officina.
Questi operai sporgono gli attrezzi alla mano dei meccanici: lavorano tre a tre; e si cambiano di otto in otto ore.

I capi sterratori lavorano ciascheduno otto ore.
I tagliapietre lavorano del pari otto ore. Fanno il comun lavoro di sterramento; e quando occorre regolano l'opera lavorando colla punta.
Questi operai lavorano tre a tre; si scambiano ogni otto ore; ed accompagnano i traini del pietrame staccato durante il periodo del loro lavoro.

Questi meccanici fanno agire la ruota idraulica secondo i segnali che sono loro trasmessi dalla galleria.

I fabbri maestri devono acciarare gli ordigni-scalpelli, e raddrizzare quelli che si sono storti. Si suppone che gli scalpelli possano compiere due intagli mediamente senz'essere riappuntati; e che possono essere riappuntati sei volte prima d'essere riacciarati; dimodochè vi saranno 60 ordigni-scalpelli da riacciarare ogni giorno; di cui se ne assegnano 12 ad ogni maestro.
Questi acconciatori devono appuntare 360 scalpelli per giorno, ciò che suppone che s'impieghino 10 minuti per appuntare ed aggiustarne uno.
Per dare i colpi di bilanciere; e regolare le ruote idrauliche.
Per sporgere gli ordigni ai regolatori.
Questi due artisti acconciatori sono destinati a riparare i varii membri delle macchine, e a far nuovi ordigni.
Uno di questi fornisce gli ordigni ai regolatori, e l'altro agli appuntatori.

Per scernere gli ordigni che vogliono essere riparati.
Per varii servizii.

Per assistere l'agente contabile, e fare la spedizione della corrispondenza degli ingegneri.

Si suppone occorrere chilogr. 1. 50 d'acciaro per ogni ordigno, ciò che suppone un centimetro di consumo, e di questo per ogni appuntatura. I 60 ordigni esigono dunque 90 chilogr. d'acciaro valutati a L. 2. 00. L'officina comprende 5 focolari che bruceranno ciascheduno 5 franchi di combustibile al giorno. Altrettanto n'esige il gran forno.
Per 12 lampane, ciascheduna valutata L. 1. 00 al giorno.

Si calcola che la corda possa servire un anno. La sua lunghezza essendo di 6400 metri ed il peso di chilogr. 1600 a L. 1. 70, il chilogramma costerà L. 27,000 ossia L. 75 al giorno.

.... L. 237. 50 in principio dei lavori quando non si progredisce che di metri 3 al giorno.
.... » 142. 50 quando si otterrà l'avanzamento normale di 5 metri.

.... L. 190. 00 per metro corrente.

.... L. 15. 60
.... » 7. 00
.... » 4. 40
.... » 11. 00
.... » 10. 00

... L. 238. 00 per metro corrente.

# SVILUPPO DI

*della sezione di strada ferrata fra Modane*

| Numero progressivo | INDICAZIONE DEI LAVORI | |
|---|---|---|
| | **I. Lavori di terra; opere d'arte; e perforamento di due tronchi di strada ferrata sotterranea al nord ed al sud del gran tunnel delle Alpi.** | |
| 1 | Indennità — Occupazione dei terreni destinati a sede di strada | *metri quad.* |
| | Occupazione per raddrizzamenti di fiumi, strade, ecc. | *metri quad.* |
| | Casa da demolire | |
| 2 | Movimenti di terra — Sterri | *metri cubi* |
| | Trasporti | *metri cubi* |
| 3 | Opere d'arte — Scavi di fondazione | *metri cubi* |
| | Palifitti | *numero* |
| | Muro di getto | |
| | Muratura in pietre gregge — Piedretti | *metri cubi* |
| | Volte | *metri cubi* |
| | Pietre da taglio | *metri cubi* |
| | Cappa | *metri cubi* |
| | Ferro per ancore ed arpioni | *chilogram.* |
| | Cippi di pietra | *numero* |
| | Pavimento di ciottoli | *metri quad.* |
| | Centinature — Legno di lerice | *metri cubi* |
| | Legno d'abete | *metri cubi* |
| | Ferramenta | *chilogram.* |
| 4 | Oggetti varii — Seminagione delle scarpe | *metri quad.* |
| | Rivestimento di scarpe con muri a secco | *metri cubi* |
| | Siepi di chiusura | *metri lin.* |
| 5 | Gallerie — Cinque perforamenti sotterranei situati sulla grande galleria di Bardonnêche e Susa, che prendono le lunghezze rispettivamente di 120 m.; 1860 m.; 685 m; 300 m. e 2740 m.: insieme 5705 m.: che, avuto riguardo alla natura solida della roccia che non esigerà punto o per poco d'essere rivestita in muratura, possono essere stimati L. 1235 al metro corrente prezzo del tunnel di Pietro Bisson progettato in una più difficile roccia, importeranno | *metri lin.* |
| | **II. Perforamento del tunnel dell'Alpi.** | |
| 1 | Stabilimento della macchina a forare, e delle macchine motrici — Entrata al nord | |
| | Casa per gl'impiegati, officine, ecc. — Entrata al sud | |
| 2 | Perforamento della galleria preparatoria | *metri lin.* |
| 3 | Ampliazione di essa a tutta sezione | *metri cubi* |
| 4 | Somma di riserva | |
| | **III. Massicciata; traverse; guide e cuscinetti** | |

**PERIZIA**

*e Susa , compresovi il tunnel dell'Alpi.*

| QUANTITÀ | | PREZZO | | AMMONTARE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | PARZIALE | | TOTALE | |
| 975,552 | 75 | 0 | 60 | 585,331 | 65 | | |
| 41,866 | 00 | 0 | 60 | 25,119 | 60 | 650,451 | 25 |
| » | » | » | » | 40,000 | 00 | | |
| 3,778,468 | 00 | 0 | 80 | 3,022,774 | 40 | 4,534,161 | 60 |
| 3,778,468 | 00 | 0 | 40 | 1,511,387 | 20 | | |
| 53,936 | 25 | 1 | 20 | 64,723 | 50 | | |
| 1,750 | 00 | 50 | 00 | 87,700 | 00 | | |
| 983 | 26 | 25 | 00 | 24,581 | 00 | | |
| 295,332 | 96 | 10 | 00 | 2,953,329 | 60 | | |
| 8,575 | 32 | 25 | 00 | 214,383 | 00 | | |
| 2,816 | 83 | 130 | 00 | 366,187 | 90 | | |
| 869 | 66 | 30 | 00 | 26,089 | 80 | 3,867,929 | 40 |
| 16,250 | 00 | 1 | 00 | 16,250 | 00 | | |
| 132 | 00 | 12 | 00 | 1,584 | 00 | | |
| 1,480 | 40 | 1 | 50 | 2,220 | 60 | | |
| 1,010 | 00 | 100 | 00 | 101,000 | 00 | | |
| 105 | 00 | 80 | 00 | 8,400 | 00 | | |
| 1,480 | 00 | 1 | 00 | 1,480 | 00 | | |
| 896,000 | 00 | 0 | 10 | 89,600 | 00 | | |
| 108,000 | 00 | 6 | 00 | 648,000 | 00 | 797,600 | 00 |
| 60,000 | 00 | 1 | 00 | 60,000 | 00 | | |
| 5,705 | 00 | 1,235 | 00 | 7,045,675 | 00 | 7,045,675 | 00 |
| » | » | » | » | 680,000 | 00 | | |
| » | » | » | » | 600,000 | 00 | | |
| 12,290 | 00 | 238 | 00 | 2,925,020 | 00 | 13,804,942 | 75 |
| 463,600 | 00 | 20 | 00 | 9,272,000 | 00 | | |
| » | » | » | » | 327,922 | 75 | | |
| 48,855 | 00 | 88 | 00 | 4,299,240 | 00 | 4,299,240 | 00 |
| | | | | AMMONTARE GENERALE | | 35,000,000 | 00 |

## Rapporto del Cav. PIETRO PALEOCAPA

Non è alcuno il quale non senta di quanto alta importanza sia per questo Regno il congiungere colla più facile e più pronta comunicazione possibile la Savoia al Piemonte ed alla capitale. Questa importanza è così grande, tanto nel rispetto dei reciproci vantaggi materiali, come nel rispetto politico, che il desiderio di ottenere lo scopo consiglierebbe a grandi sacrificii quando anche non ne scaturissero altri vantaggi indiretti. Ma se si consideri inoltre che valicate le Alpi, non resta alcun altro ostacolo grave a proseguire la via nel cuore della Francia, ed a procurare così attraverso il Piemonte e per la sua capitale, la comunicazione più pronta e più sicura fra quel grande Stato, e tutti gli Stati d'Italia, e fra Genova e la parte occidentale della Svizzera, si resta convinti che le conseguenze di questa impresa presentano una tale prospettiva di utilità, e di crescente prosperità, da rendere ogni sforzo al paragone men grave.

Senonchè basta una superficiale conoscenza della topografia delle grandi Alpi, che separano il Piemonte dalla Savoia, onde convincersi, che per quanto studio si ponga nella scelta del valico, sarà sempre impossibile raggiungerne la sommità, percorrendo una linea i cui pendii, e i risvolti, stieno fra i limiti compatibili con un sistema di strada ferrata.

D'altra parte stendere la strada stessa fin che si può dentro alle vallate principali ed alle più accessibili convalli dall'una e dall'altra parte della grande catena dei monti, e quivi arrestarsi, coll'idea di percorrere l'intervallo con una strada comune e coi comuni veicoli, sarebbe partito affatto inconveniente. Questo intervallo riuscirebbe lunghissimo, difficile in

ogni stagione; e per più mesi se non impraticabile affatto, praticabile a grave stento. Per i viaggiatori sarebbe incomodissimo, specialmente nell'epoca delle nevi, tramutare due volte da carrozza in carrozza: e per le merci poi in ogni tempo dell'anno costosissimo il doppio scarico, e carico, e le spese di magazzinaggio occorrenti, che renderebbero dubbia l'economia di questa via di trasporto. Onde i lavori, pur sempre grandiosi, che avrebbe convenuto fare per accostarsi dall'una e dall'altra parte alla grande catena, sarebbero stati troppo sproporzionati ad un così imperfetto conseguimento dello scopo cui si mira.

A vincere tali ostacoli è evidente non esservi altro mezzo che trapassar sotto le più alte vette con una galleria; ed a questa idea sorta già fin dal primo tempo in cui si diede pensiero alla rete di strade ferrate di questo Regno, applicò uno studio indefesso il signor cavaliere Maus. Ed occupandosi egli prima della linea e del sito più adatto a così grande opera, riconobbe che fra le parecchie, che avevano chiamata la pubblica attenzione, avrebbe meritato di gran lunga la preferenza quella che congiungesse il bacino della Dora Riparia, con quello dell'Arco: quella linea cioè che da Torino seguendo prima la valle di essa Dora fin presso Oulx, poscia salendo per un tratto nella valle di Bardonèche, s'accostasse al piede delle grandi Alpi, per entrar quivi in un lungo tunnel, il quale sboccando a valle nella prossimità di Modane, avrebbe evitato anche la parte più inclemente e più invia della vallata dell'Arco. Da questo sbocco del tunnel presso Modane infatti sino a quello del torrente Arco nell'ampia valle dell'Isero (donde si potrà procedere liberamente per ogni direzione in Savoia, in Francia e nella Svizzera occidentale), non restano altre gravi difficoltà a superarsi che sino a S.[t] Michel; e queste pure non possono riguardarsi come straordinarie, in un paese che assume di condur le strade ferrate per attraverso gli Apennini e le grandi Alpi.

I vantaggi di questo passaggio, fra la valle della Dora Riparia a quella dell'Arco, sopra quelli che furon pure studiati fra le valli della Dora Baltea e dell'Orco, e quella dell'Isero, sono evidenti; così per rispetto alla propria condizione del tunnel, che riesce di gran lunga più breve e dà coll'esterno aspetto della natura delle roccie, e colla disposizione idrografica delle convalli, fondata lusinga di più propizie condizioni d'esecuzione; come per le molto minori difficoltà che incontransi nello stabilire i due rami di strada che dal fondo delle valli montano ai rispettivi ingressi del tunnel. Altronde a malgrado della sua maggiore brevità il tunnel proposto nel detto passaggio non viene ad avere pendenza maggiore di 19 millimetri. E quantunque questa pendenza non sia tenue abbastanza perchè possa

dirsi che i convogli abbandonati alla libera discesa non acquistassero, prima di giungere al moto uniforme, una velocità pericolosa, tuttavolta è pur certo che tale pendenza è molto più mite di quella a cui arrivano d'ordinario i piani inclinati mossi da macchine fisse; ed è tale da permettere che si moderi assai facilmente coi freni la discesa dei convogli: condizione importantissima quando questa discesa si opera dentro una galleria chiusa.

Ma il tunnel assume pur sempre una lunghezza assai grande; egli si estende cioè non meno, di 12,290 metri, fra i due ingressi stabili di Nord e di Sud. Nè la più grave difficoltà procede da questa lunghezza, la quale ove le condizioni delle vette soprastanti non differissero, o per poco differissero, dalle ordinarie in cui simili opere furono intraprese o divisate, potrebbe appunto con simili provvedimenti esser vinta; perciocchè moltiplicando i pozzi, quanto abbisogna, si può reciprocamente scemare quanto occorre l'intervallo fra essi, e facilitare così e affrettare l'esecuzione di una galleria per quanto lunga essa fosse. Riflettendo che invece la galleria di cui qui si tratta sottostà metri 1,600 alla sommità del monte, elevato 2,964 metri sul livello del mare, e che le vette sovraincumbenti alla linea della galleria sono regioni di ghiacci perpetui, e costituite da dirupi di nuda roccia, ertissime, impraticabili, si rimarrà facilmente convinti che dei pozzi sarebbe qui impossibile fare alcuna applicazione, e trarre alcun utile sussidio.

L'epoca poi a cui condurrebbe il compimento di un ampio tunnel, lungo oltre 12 kilometri, al quale non si potesse lavorare coi sussidii ordinarii se non che dalle due estremità procedendo verso il centro, sarebbe così lontana da lasciarne affatto incerta ed improbabile l'esecuzione: perchè la generazione che la intraprendesse non potrebbe sperare di vederne la fine.

Il principale studio del signor cavaliere Maus fu rivolto quindi a ricercare un modo meccanico che, posta la necessità di non potere intraprendere il lavoro senonchè alle due estremità, valesse ad affrettare l'esecuzione dell'opera, non solo senza accrescerne, ma scemandone insieme il dispendio; e le sue incessanti e diligenti indagini lo hanno condotto all'invenzione di quella macchina di cui la Commissione ha potuto ammirare l'ingegnosa e ad un tempo semplice struttura.

La macchina proposta ha per iscopo di perforare dall'una all'altra parte in tutta la lunghezza del tunnel una galleria centrale della larghezza di m. 4,40 e dell'altezza di m. 2,20, che procuri poi modo di stendere sollecitamente il lavoro d'ampliazione sino a tutta sezione del tunnel medesimo.

Nel sistema meccanico proposto convien considerare tre parti essenzialmente distinte; alla sicura riuscita di ciascheduna delle quali si esigono proprie e speciali condizioni.

La prima parte è il macchinismo mobile che va avanzando nelle viscere del monte, a misura che avanza la galleria; la seconda è il meccanismo stabile, che mette in azione la forza motrice; la terza è il modo ed i congegni con cui questa forza si trasmette dal meccanismo stabile al meccanismo mobile.

Sulla prima parte, la Commissione oltre alle deduzioni tratte dall'attento esame del progetto, che la convinsero che il meccanismo percussore è dotato di quella maggior semplicità che è consentita dallo scopo cui deve adempiere, e che promette una sicurezza di riuscita, ed una continuità d'azione favorita dalla prontezza e facilità con cui possan farsene le riparazioni, ebbe anche in appoggio il fatto sperimentale dedotto dal saggio fattone in Val d'Oc, con un meccanismo che nel rispetto dell'azione degli ordigni scalpelli sulla roccia, può riguardarsi come identico: il qual meccanismo di Val d'Oc non è già un modello operativo, ma sì veramente una parte compiuta della macchina, costrutta colle vere e proprie dimensioni di questa.

Senonchè siccome questa porzione di macchina in Val d'Oc opera sopra un masso isolato ai fianchi, così bastano gli ordigni scalpelli disposti in linee orizzontali, e mano a mano che avanza il lavoro orizzontalmente dislocati, per fare i tagli continui che dividono in fette il masso stesso; mentre quando la macchina compiuta verrà in azione contro la roccia continua, bisognerà che s'aggiunga alle moltiplicate linee di scalpelli orizzontali, due linee di scalpelli verticali che possano appunto verticalmente spostarsi per produrre i tagli verticali estremi, che limitano la lunghezza delle fette, e le isolano sui fianchi. Questo sistema è molto ingegnosamente disposto; e i movimenti di quella specie di rastrelli, che tengono in sesto le diverse linee di ordigni percussori, sono combinati in guisa, che gli estremi fra i detti ordigni delle file orizzontali, entrino nello spazio, che due corrispondenti scalpelli del rango verticale lasciano libero spostandosi. Oltre a questi movimenti, orizzontale e verticale di ordigni scalpelli, evvi un terzo movimento, che è quello che fa avanzare tutto il sistema percussore a misura che s'approfondano i tagli della roccia; e questo movimento è regolato mediante viti, dalla mano degli uomini; e può variarsi da uno ad un altro punto, secondo che gli scalpelli lavorano più o meno a cagione della non omogenea natura della roccia in cui penetrano. Del resto, la intera macchina compiuta, sarà anzi più semplice di quella parte

che ha servito di prova a Val d'Oc; perchè l'alternato stringere e svincolare degli elastri, che distendendosi imprimono la forza agli ordigni percussori, si ottiene in essa col giro continuo di due manivelle, mosse da bracci di leva che agiscono su tutto il telaio in cui sono disposti gli scalpelli, anzichè col successivo incontro dei raggi di un albero orizzontale che incontra i calci sporgenti del telaio stesso, a simiglianza dei mulini da pistare; come succede ora in detta macchina di prova a Val d'Oc, sui risultamenti della quale sono fondati i calcoli di effetto utile istituiti dal signor cav. Maus.

Quanto alla seconda parte del sistema meccanico proposto: si deve innanzi tutto por mente alla opportunità grande che offrono le valli dell'Arco e di Bardonèche di procurare nell'acqua che scende per esse la gratuita forza motrice occorrente non solo al perforamento della galleria, ma ciò che è ancor più vantaggioso, quella che a suo tempo sarà necessaria per mettere in continuo movimento i macchinismi fissi a cui, compiuta la strada ferrata, dovrà essere affidato l'esercizio di quel tronco che passa pel tunnel, e dei due che montano al Sud e al Nord dal fondo della valle sino a' suoi accessi, a cagione del pendio di questi tronchi, troppo forte per consentire l'impiego delle locomotive.

Così animata dall'acqua mediante due ruote a cucchiai, questa seconda parte del sistema non sorte punto dagli ordinarii opificii idraulici. Nè le dimensioni delle dette ruote a cucchiai maggiori delle comuni offrono alcun motivo di temere dell'ottimo loro effetto, valutato dal signor cav. Maus con tutto il desiderabile sviluppo, secondo i principii insegnati dalla teoria e dalla esperienza.

Osserveremo però che dalla parte di Modane la forza motrice che applicasi al meccanismo ed è fornita dall'acqua del torrente Arco, è abbondantissima per la copia di questo elemento combinato colla caduta che si può procurargli. La quale circostanza ha indotto il signor cav. Maus a rinunciare ad una parte di questa sovrabbondante forza per conseguire la maggior possibile semplicità del sistema, sia evitando gl'ingranaggi d'ogni specie, e rendendo comune l'asse di rotazione alla ruota motrice ed alla puleggia che trasmette il movimento; sia facendo che la puleggia stessa, a malgrado del suo grande diametro, emerga dalla corrente che fugge di sotto alla ruota motrice medesima.

Dalla parte di Bardonèche è però lungi che vi sia eguale copia d'acqua; essa anzi in alcune epoche dell'anno scarseggia, riducendosi nelle magrezze maggiori a litri 700 al minuto secondo. Evvi però una molto maggiore caduta che arriva a metri 20 e della quale si profitterà integralmente,

collocando le ruote motrici una sotto all'altra; dando loro un diametro eguale alla metà della cascata; e facendo così che ciascheduna riceva tutta la copia d'acqua disponibile; mentre a Modane dell'acqua impiegata se ne assegna metà a ciascheduna ruota. Tuttavolta è pur vero che nelle dette epoche di maggiore scarsezza d'acqua i 700 litri non basteranno a dare il compiuto effetto della macchina, specialmente quando il lavoro s'addentra molto nelle viscere del monte, e molta parte di forza va perduta nel muovere colla richiesta velocità la propria massa delle corde che servono alla trasmissione del moto. Ciò però non farà cessare il lavoro, ma solo ne diminuirà l'effetto ed in proporzione ne allungherà il tempo. Coll'intera forza occorrente, che verso il termine della mezza galleria, dovrebbe essere di kilogrametri 21,000 ed al principio del lavoro di kilogrametri 15,400, il calcolo della macchina mostra che dal lato di Modane si possono ottenere dagli scalpelli 150 colpi al minuto: nelle stagioni in cui a Bardonèche l'acqua sarà più scarsa non si potranno ottenere che mediamente 92 colpi per minuto. Ma si deve considerare che questa scarsezza d'acqua non dura che nelle epoche dei maggiori rigori invernali, nei quali il lavoro procederebbe ad ogni modo più lento che in altre epoche, onde la perdita di tempo sarà in proporzione men grande.

Altronde avvi fondata speranza di poter notevolmente aumentare la copia d'acqua da impiegare da questo lato, con un opportuno cambiamento nel punto d'ingresso e conseguentemente nel tracciato della galleria. Secondo questo cambiamento, suggerito dal signor cavaliere Mosca ed apprezzato dalla Commissione, il detto ingresso riuscirebbe notevolmente più basso; la linea del tunnel più diretta; il suo pendio minore; e lo stabilimento meccanico verrebbe tramutato in un punto, nel quale oltre che delle acque del torrente di Bardonèche, si profitterebbe anche di quelle del Merdovine, del Roux e del Mélezet. Questi notevoli vantaggi sembrano compensare largamente l'allungamento della galleria per qualche centinaio di metri, che ne conseguirebbe. E gli esami recentemente praticati sul sito dai signori cavaliere Maus e cavaliere Sismonda, dopo aver fatti segnare sul terreno gli assi della galleria nelle due diverse direzioni, confermarono l'opportunità del mutamento; il quale dovrà però essere assoggettato a nuovi studii, ed a calcoli nuovi.

Ad ogni modo la scarsezza d'acqua dalla parte di Bardonèche non avrebbe, come si è osservato, altro inconveniente che di allentare durante qualche mese il lavoro di perforamento. Perchè, compiuti che sieno i lavori, per l'esercizio della strada piano-inclinato se ne avrebbe una forza più che sufficiente; dovendosi considerare che dell'azione di questa forza

non si fa uso continuamente, ma solo ad intervalli determinati dai passaggi dei convogli; onde nel tempo che corre fra l'uno e l'altro di questi passaggi, si può con adatti bacini raccogliere quanta acqua più occorra pel momento d'agire.

Quanto alla terza parte del macchinismo, al modo cioè di trasmissione del movimento, essendo fuori degli ordinarii sistemi meccanici la trasmissione di movimento ad una così grande distanza qual è quella dello stabilimento delle ruote idrauliche fino a mezzo della lunghezza della galleria, non può invero appoggiarsene la riuscita ad argomenti di fatto e di esperienza. Tuttavia la Commissione non trova motivo alcuno per revocare in dubbio il compiuto e continuato effetto di questa trasmissione, quantunque procurata con un mezzo non dotato di rigidezza come sono le funi. Perciocchè la forza non è applicata immediatamente agli ordigni scalpelli per ritirarli stringendo gli elastri, poi allentando questi lasciarli scattare. La corda continuamente in movimento agisce sulla parte mobile del meccanismo inducendo un moto circolare continuo, il quale poi si converte in un moto rettilineo di va e vieni del telaio che, come sopra notavasi, serra e libera a vicenda gli elastri, che ritirano e lasciano pure alternativamente scattare gli ordigni percussori. A che poi nel procedere del lavoro e quindi nell'avanzare che fa la parte mobile della macchina, possa allungarsi mano a mano la fune, senza scemarne la tensione, provvede sicuramente e semplicemente un carro portante una carrucola su cui s'avvolge e ritorna la corda, e che tratto da un peso proporzionato mantiene la tensione continua. In questa condizione di cose la trasmissione regolare del movimento apparisce a priori non poter essere dubbia; e a posteriori se come s'è detto non si può argomentare per esempii eguali, si può però averne esempii somiglianti, come è quello del piano inclinato di Liège, dove la trasmissione del movimento procede sino a 4,000 metri di distanza senza impaccio alcuno nè inconvenienti.

Il modo con cui è ordinata l'azione e la vicendevole dipendenza delle tre parti della macchina di cui si è fatto cenno, pare alla Commissione non meno bene ordinato per corrispondere al principale ufficio che consiste nel tagliare la roccia, che per supplire all'ufficio accessorio, ma non men necessario, che è quello di sgombrare la galleria dalle macerie staccate e caricate su carri trascinati dalla corda stessa che mette in movimento gli ordigni scalpelli. Questa operazione dello sgombro dei materiali, si eseguisce quando il macchinismo percussore che agisce su di una metà della larghezza della galleria, passa da questa ad agire sull'altra metà contigua. E siccome per tale operazione esigesi una velocità di gran lunga

minore di quella con cui scorrono le corde per il pieno lavoro degli scalpelli; così è stato applicato al sistema un ingegnoso regolatore, mediante il quale la forza motrice si modera di per se stessa, non solamente in corrispondenza a diversi gradi di resistenza opposta alla sua azione per un determinato grado di velocità; ma sì ancora per gradi di velocità differenti.

Ad un altro importante scopo deve servire eziandio la forza motrice applicata alla macchina fissa ed alla corda che la trasmette; e questo è di ventilare la galleria prima che sia compiuto il traforamento continuo: poichè allora, e molto più quando il tunnel avrà acquistato le dimensioni che gli competono a lavoro finito, non sembra potersi dubitare che, tra la differenza della temperatura interna e la esterna, tra per quella che esister deve fra la valle dell'Arco dove è l'ingresso Nord della galleria e quella nella valle di Bardonèche esposta al Sud dov'è l'altro ingresso del tunnel stesso, non abbiano a determinarsi correnti d'aria più che sufficienti a mantenerla pura e salubre in tutta la lunghezza del tunnel stesso, senza uopo di mezzi artificiali.

Quello che è stato ideato dal signor Maus durante il primo lavoro, inanzi che, come si disse, sia perforata da parte a parte la galleria, è semplicissimo e consiste nell'applicare agli assi stessi di alcune fra le girelle che sopportano la fune di trasmissione del moto, dei ventilatori che aspirano da una parte e spingono dall'altra l'aria dentro un tubo continuo. Spaziando ad alquanto maggiori distanze dalle contigue, queste girelle animatrici dei ventilatori, e dando loro quel maggior diametro che l'esperienza mostrerà meglio adatto, si può ottenerne quella velocità e quella forza, che adempia allo scopo proposto.

Coi meccanismi che si sono esaminati ora, devesi, come fin da principio è stato accennato, aprire una prima galleria di minori dimensioni cioè larga metri 4,40 ed alta metri 2,20 che dia modo di sviluppare il lavoro in molta estensione. Il tunnel compiuto a tutta sezione deve avere 8 metri di larghezza e 6 di altezza. Fatta la piccola galleria, il lavoro d'ampliazione potrà procedere o coi modi ordinarii, cioè co' lavori di scalpelli e di piccole mine, o applicando un sistema di meccanismi non diverso da quello che serviva alla piccola galleria. La strettezza dello spazio dai due lati di questo lavoro d'allargamento par suggerire come più opportuno il procedere col metodo ordinario; col quale si potrà lavorare appena inoltratasi per un buon tratto la piccola galleria. E ciò tanto più che la natura della roccia lascia sperare che lavorando con la dovuta precauzione e con piccole mine si potrà condur l'opera a buon finimento

senza pericolo di conquassar troppo la roccia stessa nel contorno del tunnel. Ad ogni modo, questa non è quistione che si debba o convenga decidere adesso; bene avviata la piccola galleria, quidditato bene il lavoro meccanico con cui la si eseguisce, e conosciuta la natura della roccia, si potrà decidersi alla scelta con più maturità. E intanto basta essere assicurati che il tener dietro al lavoro della prima galleria coll'ampliazione del tunnel non sarà opera nè difficile nè troppo lenta.

Ma nel proposito di questa ampliazione di sezione la Commissione ha preso a considerare, se trattandosi di un tronco di strada piano inclinato che vuol essere esercitato colle macchine fisse, e nel quale perciò ordinato il servizio sopra un inalterabile sistema e sopra un orario determinato, non evvi a temere, come sulle strade ferrate esercitate co' locomotori, che possan succedere impreveduti scontri dei traini che vanno in senso opposto, ed urti fra quelli troppo frequenti e vicini che corressero sulla stessa linea e nel senso stesso; se dicesi data questa circostanza, non si potesse per economia di tempo e di spesa fare il tunnel ad una sola via. Senonchè è da notare che il risparmio non sarebbe così grande come a primo aspetto può giudicarsi; perchè la spesa del primo perforamento coi macchinismi è comune, e dell'altra per ampliare il cavo non si risparmierebbe che una parte minore, perchè il tunnel per un solo binnario esige un'ampiezza molto maggiore della metà di quella che serve a due, e le opere di finimento sono quasi eguali. Meno ed anzi pochissimo si guadagnerebbe nel tempo, il quale va essenzialmente misurato sul lavoro della piccola galleria che resta, come dicevasi, lo stesso. Altronde in tanta lunghezza del tunnel la buona ventilazione domanda ch'esso abbia notevoli dimensioni. E finalmente i ristauri del piano inclinato che non saranno infrequenti, e che per essere eseguiti entro alla galleria esigeranno un ben maggior tempo che fatti in sito libero, rendono opportunissimo, e quasi direbbesi necessario, che non manchi una seconda via per sopperire a quella che si stia restaurando; perciocchè trattasi di un passaggio che è del più alto interesse che non abbia mai ad essere interrotto.

Il complesso di questi motivi farebbe fin d'ora giudicar conveniente tener ferma la doppia via, tanto più che se col proceder del tempo, il sistema di una via sola fosse trovato insufficiente, è facile figurarsi quali enormi ostacoli si opporrebbero a rimediarvi. Ad ogni modo questo giudizio può anch'esso restare sospeso; perchè come si è osservato non si tratta del primo perforamento co' macchinismi, che è comune ad ambedue i partiti.

Siccome ogni apparato meccanico per la costruzione della piccola galleria mancherebbe allo scopo, quando riuscita pur quest'opera a buon fine, gli accessi per entrare dalle due parti nella galleria stessa, presentassero ostacoli se non insormontabili almeno eccessivamente difficili e dispendiosi a vincersi; era necessario che la Commissione prendesse in attenta considerazione anche i lavori proposti per compiere questi accessi, quantunque essi rientrino nella categoria dei lavori ordinarii.

Questo esame fa conoscere che i piani inclinati che costituiscono questi accessi non avranno pendenza maggiore di 35 millimetri, sia nell'ascendere dalla valle dell'Arco all'ingresso Nord della galleria, sia per andare da Susa fino all'ingresso del Sud. Quanto al tunnel abbiamo già osservato che la sua pendenza è assai minore cioè di soli 19 millimetri, e diverrà anche minore di più, se si trovi opportuno sostituire alla prima la nuova traccia ideata.

Quanto alle curve: eccetto una sola tracciata col raggio di 400 metri, tutte le altre sono tracciate con raggi non minori di 500. Lo sviluppo generale di queste linee, che deggiono essere esercitate colle macchine fisse, sarà di circa 40 kilometri; ond'esse si divideranno in 8 piani inclinati di 5 kilometri per ciascheduno; oltre a quello maggiore della galleria. Ad esercitare il quale se la sua eccedente lunghezza opponesse troppa difficoltà, è da considerare, che la detta sua limitata pendenza è tale che consente possa essere esercitato con potenti macchine locomotive di apposita costruzione. Tutti i piani inclinati a macchine fisse saranno mossi dall'acqua trasmettendo il movimento a mezzo di corde senza fine.

Queste condizioni danno alla Commissione la piena fiducia che con questo sistema si otterrà un passaggio delle grandi Alpi sicuro, continuo, ed avuto riguardo alle grandi difficoltà che si deggiono superare, soddisfacente anche nel rispetto dell'economia e della sollecitudine. Intorno a che è giusto dire che qui non convien raffrontare gli utili risultamenti della strada ferrata, con quelli di una strada ordinaria di facile e sempre sicura percorrenza; ma sì bene colle strade ordinarie che passano le Alpi; e fare il confronto specialmente per le stagioni in cui questi passaggi sono stentati, lenti, costosissimi e talvolta interrotti per molto tempo.

Fin qui si è parlato del progetto nel rispetto tecnico, venendo alla parte economica, i risultamenti finali son questi:

| | | |
|---|---|---|
| La piccola galleria perforata coi mezzi meccanici sovraindicati importerà | L. | 4,500,000 |
| L'allargamento della galleria | » | 9,272,000 |
| Totale valore del tunnel a tutta sezione | L. | 13,772,000 |

| | |
|---|---|
| *Riporto*..... L. | 13,772,000 |
| I tronchi di strada ferrata che montano da Susa da una parte all'ingresso Sud della galleria, e dall'altra dal fondo della valle dell'Arco all'ingresso Nord sono valutati..........» | 16,910,064 |
| Aggiungendo a queste opere il prezzo dell'armamento e del ferramento di tutta la linea da Susa fino a Modane, valutato a lire 88 al metro ed in complesso .............» | 4,299,240 |
| Risulta la spesa totale di questa linea in .............. L. | 34,981,304 |
| Ossia per rotondità.............................» | 35 milioni. |

Nell'esame fatto di questi risultamenti la Commissione ebbe occasione di riconoscere che il progetto è così minutamente e precisamente sviluppato, tanto nella parte topografica che nella parte d'arte ed estimativa, che potrebbe piuttosto dirsi un formale progetto che un progetto d'avviso; se non fosse che i tracciati e i profili dell'opera non sono ancor stati riportati sul sito per fare le ultime modificazioni domandate dalla perfetta corrispondenza de' lavori colle circostanze locali: sebbene anche in ciò è da avvertire che la livellazione longitudinale essendo stata verificata, quegli errori che s'incontrassero nel tracciar l'opera sul sito sarebbero affatto parziali, e non potrebbero accumularsi, nè esigere grandi variazioni nelle opere divisate. Si possono dunque ritenere come giuste le misurazioni esposte e i calcoli cui esse servirono di base. I lavori poi sono ordinati in guisa, che la Commissione crede che quando si verrà ai piani di dettaglio esecutivo potrà piuttosto riconoscersi la convenienza di restrizioni, che la necessità di aumenti. Specialmente ella crede potersi raccomandare la semplicità e una minore accuratezza di lavoro, e d'eleganza di forme; sembrandole che la natura dell'opera e l'inclemenza del clima, consiglino piuttosto di abbondare nelle dimensioni che nello squisito e costoso lavoro. Anche i prezzi delle opere di costruzione, non meno che quello dei materiali, sono calcolati abbondantemente. Quelli dei legnami specialmente si potrebbero riguardare come eccedenti in confronto del prezzo corrente; ma questo può derivare dal non esservene ora smercio nè consumo notevole; chè quando coll'attività dei lavori crescerà la ricerca, il prezzo si farà pur maggiore. Quello assegnato però può ammettersi senza tema d'insufficienza.

Questo vale rispetto alle perizie delle strade d'accesso. Quanto al traforamento della galleria coi proposti meccanismi, sono prima valutate le fabbriche dei due stabilimenti, il corredo loro ed i meccanismi medesimi; e la loro valutazione è fatta sulle stesse basi con cui furono valutati i

lavori stradali per le opere di terra e di struttura murale; e coi prezzi proporzionati a quelli della grande manifattura di Seraing per le macchine. Il lavoro di perforamento però non poteva trovare altra norma di valutazione che nel determinare i mezzi di man d'opera e di probabile consumo giornaliero di materie, e stabilire il tempo probabile della durata dei lavori. A fissar questo tempo, si è avuto lume dall'esperienza fatta in Val d'Oc; e ritenuto il minimo effetto, secondo il quale gli scalpelli s'addentravano ivi nella roccia di un centimetro per minuto, ne verrebbe un avanzamento giornaliero di metri 7,20; giacchè la macchina non lavora che per la metà dell'ampiezza della galleria; con che nell'altra metà si ha l'opportunità di fare i lavori di sgombro delle materie tagliate. Questa misura d'avanzamento giornaliero si riduce a soli metri 5, per tener conto del tempo che va perduto nei frequenti cambiamenti degli scalpelli e di quel rallentamento cui soggiace l'azione loro durante lo sgombro suddetto. E con tale avanzamento di 5 metri dalle due parti ossia di 3,650 metri all'anno risulterebbe bastare tre anni e mezzo circa per forare tutta la galleria da parte a parte. Ma questo tempo s'aumenta ancora e si porta a cinque anni per far ragione a tutti gli accidenti impreveduti che possono intervenire nel corso della grande opera.

Su questo tempo, e sull'assegno di personale, di materiali consumati, e di lavori di riparazione, che tutto insieme fanno ammontare la spesa giornaliera a lire 712. 50; ossia ragguagliatamente, a lire 190 per l'avanzamento di un metro; poi coll'aggiunta degli altri oggetti di spese proporzionali alla lunghezza della galleria, risulta l'importo complessivo di un metro corrente in lire 238; e quindi quella di tutta la galleria, con una giusta somma di riserva, in lire 4,500,000 come innanzi si è detto *(veggansi gli uniti Prospetti)*.

Per determinare l'importo dell'allargamento sino alla grande sezione del tunnel si è misurato il volume della roccia da escavarsi, e se n'è valutato il lavoro a lire 20 al metro cubo. Quanto al tempo per questo allargamento, si confida poterlo condurre a termine insieme con quello della piccola galleria, incominciandolo come dicevasi tostochè questa ha ottenuto un sufficiente grado di avanzamento, tanto dall'una come dall'altra parte. La natura della roccia interiore che nel mentre stesso che può facilitare l'avanzamento della piccola galleria, può esser cagione di ritardo nella sua ampliazione, potrebbe forse far fallire questa supposizione; ma ciò non avrà ad ogni modo altro inconveniente senonchè quello di prolungare alquanto di più il detto lavoro di allargamento anche dopo che sarà compiuta la piccola galleria; prolungamento che diventerà però tanto

minore, quantochè allora si potrà lavorare con molta più facilità, ed estendere il lavoro quanto più piaccia.

Contro queste valutazioni del lavoro del tunnel, secondo le quali come accennavasi, il suo importar totale sarebbe di lire 13,772,000, e quindi il valore di ogni metro corrente di 1,120 lire; non vi sarebbe altro da obbiettare, senonchè esse non possono essere confermate dal paragone di altra opera affatto somigliante. Ma ciò non toglie che gli elementi della perizia non sieno ragionevoli, e che non abbiasi a ritenerla per giusta quando si sono considerate tutte le cagioni che possono influire sulla spesa. Nè deve recare sorpresa od esser argomento per non fidare nei risultamenti esposti, il vedere che il metro lineare del nostro tunnel apparirebbe importare di gran lunga meno di quello che hanno importato altre gallerie assai meno lunghe e poste in più ovvie e comuni condizioni; perchè se da una parte è vero, che questo tunnel dell'Alpi trovasi in difficili e affatto eccezionali circostanze, intervengono però d'altra parte altre circostanze speciali, che molto ne favoriscono l'economica costruzione. Queste circostanze speciali consistono: 1.° nell'omettere affatto ogni apertura di pozzi; 2.° nel sostituire pel primo foro alla forza degli uomini ed alla spesa della polvere, l'azione delle macchine, la cui forza motrice è spontaneamente fornita dalla natura; 3.° nella qualità della roccia da trapassare, la quale promette che si possa far a meno di rivestimenti e di armature; 4.° nella natura geologica e geognostica del monte che autorizza a supporre che non s'avranno a sostenere che piccole spese d'asciugamento: la quale supposizione è convalidata dalle condizioni idrografiche dei luoghi; perchè i displuvii dei ciglioni sotto cui passa la galleria, sono continui, liberi, ertissimi, sino al di sotto del livello della galleria medesima; e non consentono quindi formazioni di laghi, stagni od altri ricettacoli d'acqua. Nè quindi evvi probabilità alcuna d'incontrare scaturigini e sorgenti così copiose, da mettere a cimento la possibilità di spingere avanti il lavoro, o da renderlo troppo difficile e costoso. Quelle filtrazioni e polle di minor conto che tuttavia s'incontrassero, potranno avere sicuro sfogo; e facilissimo lo avranno nella parte verso Modane, dove il piano della galleria scende alla china; dall'altra parte ove monta all'erta, esigeranno un limitato aumento di spesa, di cui è tenuto conto nelle perizie.

Ma quando anche queste supposizioni, quantunque fondate a buoni indizii, e dotate del maggior grado di probabilità, avessero in qualche parte a fallire, ciò non farebbe che accrescere alquanto la spesa; ma non mai in modo da renderla sproporzionata all'alta importanza dello scopo. E se si volesse pure supporre che o per mancanza di dati sperimentali di con-

fronto, o per accidenti impreveduti, il primo scavo della piccola galleria avesse ad importare il terzo più di quanto è stato preavvisato; quando quello della galleria grande dovesse importare la metà di più; quando finalmente avvenisse che nell'allargamento del gran tunnel s'incontrassero de' lunghi tratti sommanti insieme la lunghezza di 2,000 metri, in cui fosse necessario proteggere il tunnel stesso con un'incamiciatura o rivestimenti di muro, in mattoni della grossezza ragguagliata di centimetri 70, la spesa sarebbe come segue:

| | | |
|---|---|---|
| Per la piccola galleria ............................ | L. | 7,000,000 |
| Per l'ampliazione a tutta sezione del tunnel............. | » | 13,900,000 |
| Per muratura di rivestimento nei tratti come sopra del complessivo sviluppo di metri 2,000 valutata a lire 50 al metro cubo; e messe a calcolo le armature .................. | » | 2,100,000 |
| E quindi in tutto ................................ | L. | 23,000,000 |

La qual somma calcolata sulle più larghe e sfavorevoli supposizioni, farebbe ascendere la spesa per metro corrente di tunnel a lire 1,846; e starebbe sempre dentro limiti convenientissimi. Il tunnel già intrapreso ai Giovi per passare gli Apennini compiuto che sia costerà circa 12,000,000, cioè più che la metà di quello che importerebbe il tunnel delle Alpi, quattro volte più lungo, anche nelle suddette più sfavorevoli supposizioni. E se si è trovata giusta e conveniente allo scopo la spesa suddetta di 12,000,000 per passare gli Apennini, non potrà certo sembrare troppo elevata nemmeno quella di 23,000,000 per traforare le grandi Alpi.

La Commissione adunque trova meritevole di confidenza il progetto anche nel rispetto economico come nel tecnico, e considerato il lungo periodo di tempo che si esige per condur l'opera a compimento e l'importanza di affrettare quanto si possa questo momento, crede che convenga invocare, che sien date tosto le prime disposizioni occorrenti, le quali consisterebbero nell'ordinare allo stabilimento di Seraing, come propone il cav. Maus, la macchina di perforazione, e predisporre l'appalto dei lavori necessarii ad uno solo degli stabilimenti ed officine di perforazione. Incominciare per intanto da una parte sola s'accomoda anche alle condizioni attuali dell'Erario, ed ha il vantaggio di non estendere a più larga misura i dispendii senza avere non solo la fiducia di un buon esito fondata sullo studio del progetto, ma quella garanzia eziandio che forniscono le prove sperimentali ed i fatti.

Fermo poi che per ora s'intraprenda il lavoro da una sola parte è evidente la preferenza da darsi a quella di Modane. Quivi il sistema idrau-

lico per l'animazione dell'opificio è definitivamente stabilito; evvi opportunità di dar ricovero ad operai ed alloggiare meno disagiatamente gl'impiegati durante il primo tempo, che è sempre il più difficile: e da questa parte infine essendo declive la galleria, lo scolo dell'acqua d'infiltrazione sarà spontaneo senza uopo di appositi apprestamenti.

Un'altra cautela onde evitare anche un più lontano timore d'incontrar spese superflue, s'avrebbe nel divisamento che propone lo stesso signor Maus di non avviare l'effettiva costruzione della macchina perforatrice, se non dopo aver costrutto nelle officine stesse di Seraing un grande e compiuto modello, o piuttosto tipo della macchina stessa con dimensioni al vero, ma costrutto di legno. Nell'esecuzione del quale archetipo potranno introdursi quelle maggiori perfezioni che all'inventore fossero suggerite. Ciò aumenta sempre più la confidenza che la riuscita della macchina sarà perfetta, e che si potrà vederla agire prontamente quando contemporaneamente s'intraprendano i lavori occorrenti per attuarla: onde ne viene la necessità di chiedere fin d'ora l'assegnamento del fondo.

Secondo alle perizie per la macchina e per lo stabilimento di Modane si richiederebbe la spesa di lire 680,000. Ma si deve osservare che i preparativi mancherebbero allo scopo se mancasse il denaro con cui mettere in attività l'officina, e incominciare il perforamento. E perciò è necessario procurarsi una somma maggiore disponibile e chiedere l'assegno di lire 720,000. La qual somma ripetesi non verrebbe erogata effettivamente che con tutte le preaccennate cautele.

La grande opera che si propone gioverà altamente allo sviluppo progressivo dell'industria di tutto il Regno, vivamente eccitata dalle facili comunicazioni che provincie fin qua disgiunte acquisteranno fra loro e colla Francia, e con Ginevra; nel commercio colla quale Genova potrà rivaleggiare con Marsiglia. Con essa si aprirà l'adito a profittare dei tesori minerali della Savoia, ed a risvegliare in quella sobria e intelligente popolazione l'amore del lavoro artigiano, compensato da un sicuro smercio di manifatture, alle quali si offrono gli elementi principali di vantaggioso concorso; la forza gratuita cioè dell'acqua di valli sin'ora inaccessibili o di troppo difficile accesso, e la prontezza e il buon mercato dei trasporti. Essa infine, oltrechè fonte di utilità materiale, sarà fomite di rapporti più intrinseci delle varie parti del Regno, che più intimamente si legheranno tra loro e colla capitale. Per la qual cosa le tristi vicende politiche e le non prospere condizioni della finanza, che possono far desiderare economie in tutt'altri rami della pubblica Amministrazione, lungi dallo sconsigliare dal dare opera e mezzi all'impresa di cui si tratta, consigliano anzi a pro-

muoverla e ad affrettarne il compimento. Le imprese di questo genere hanno altronde un'utile influenza sul credito dello Stato, specialmente quando l'utilità che ne consegue, dal paese che l'assume, si diffonde anche agli Stati vicini. Nel qual rispetto l'opera proposta, piuttosto che come locale e propria del Piemonte, potrebbe riguardarsi, se non come Europea, almeno attinente agli interessi delle più grandi e industriose nazioni d'Europa. E se quella fratellanza di esse nazioni che è nel desiderio di tutti i buoni, e nella speranza di molti, fosse già un fatto anzichè essere un'idea, le vedremmo tutte concorrervi. Ma poichè a tal punto non è ancora giunta la civiltà internazionale, il Piemonte ne avrà è vero una più ardua impresa a sostener solo, ma insieme più grande sarà la gloria, e più meritata la riconoscenza e la estimazione degli altri popoli.

Torino 25 ottobre 1849.

P. Paleocapa *Ispettore del Genio civile.*

# VERBALE

*della prima adunanza della Commissione nominata per l'esame del progetto di traforamento dell'Alpi lungo la strada ferrata da condursi dall'Italia alla Francia.*

---

Nel giorno 26 luglio 1849, ed in una delle sale del Dicastero dei lavori pubblici, riunita la Commissione nominata dal Ministro Segretario di Stato pei lavori pubblici il 13 stesso mese per l'esame del progetto di traforamento dell'Alpi lungo la strada ferrata da condursi dall'Italia alla Francia per la Savoia, il signor Ministro Cavaliere Galvagno, presiedendola, espone ai Membri che la compongono, i signori Cavaliere Pietro Paleocapa, Ispettore onorario nel Genio civile, Cavaliere Ignazio Giulio, Senatore del Regno, Cavaliere Carbonazzi, Cavaliere Ernesto Melano e Cavaliere Barbavara, Ispettori al Genio civile, e quest'ultimo Primo Uffiziale nel Ministero dei lavori pubblici, Cavaliere Menabrea, Primo Uffiziale in quello degli affari esteri, Cavaliere Cavalli, Maggiore di artiglieria, Cavaliere Sismonda, Professore di mineralogia, essere affidato a loro, chiari per ingegno e per studi, l'esame del progetto disteso dal signor Cavaliere Maus Ispettore nel Genio civile, il quale progetto porge la possibilità d'aprire in non lungo spazio di tempo una strada ferrata dal Piemonte alla Savoia, alla Francia, alla Svizzera, senza la necessità di valicare le nevose vette dell'Alpi, ed osserva che il loro giudizio può infondere in tutti il coraggio all'intrapresa di un'opera grandissima fra le opere moderne, e può muovere concordi le opinioni di tutti a concedere le somme necessarie per incominciarla e per condurla lodevolmente a fine.

Il progetto sottoposto all'esame della Commissione è composto di piani e profili lungo la linea scelta per la strada ferrata da Susa a Modane per Bardonnêche, dei disegni delle macchine di perforamento

dell'Alpe da Bardonnèche a Modane, di un calcolo estimativo dell'opera, di una relazione che spiega la necessità dell'impresa, la convenienza della spesa, la preferenza data alla linea per Susa, Bardonnêche e Modane, e il congegno di tutto il meccanismo di perforamento del monte, e che ad un tempo dimostra la sicurezza di esito felice dell'opera, tratta dai calcoli che adduce, e dai replicati esperimenti che ricorda.

La Commissione, nominato fra i suoi Membri il sottoscritto Segretario, prende ad osservare l'esimio lavoro del signor Cavaliere Maus, ed unanime poi riconoscendo, che difficilmente nelle radunanze generali si potrebbe procedere da ogni Membro ad un accurato esame di tutte le parti che compongono il progetto di perforamento delle Alpi, non che dei calcoli, coi quali si prova conseguirsi dal meccanismo il necessario effetto utile, ottiene, che rimaste nella sala dell'adunanza le carte tutte del progetto, sia fatta facoltà ad ogni Membro di esaminarle nelle ore più convenienti, ed il signor Cavaliere Maus si offre di porgere e di rinnovare ad ogni desiderio le spiegazioni occorrenti intorno al suo lavoro per rispetto tanto agli studii di esplorazioni delle tre valli, per le quali è meno disagevole il salire all'Alpi, come alla condotta della traccia segnata da Susa a Modane, al congegno del meccanismo, ed alle ragioni di calcolo dell'effetto utile delle forze da adoperarsi.

Compiti poi gli esami particolari della parte tecnica del progetto, resi più facili dalle spiegazioni, che a più riprese fornì il signor Cavaliere Maus, si radunarono in fine il giorno 14 dell'ottobre i signori Cavalieri Sismonda, Cavalli, Melano, Paleocapa, per rivedere ogni maniera di calcolo del progetto, e ritoccati de' calcoli per prezzi e quantità, affidarono al signor Ispettore Cavaliere Paleocapa la cura di distendere in una relazione le opinioni successivamente spiegate nelle unioni parziali di esame e di studio del progetto.

F. Menabrea - Carbonazzi - Cavalli Magg. d'art. - Giulio - Paleocapa - Angelo Sismonda - Henri Maus - Ernesto Melano - Galvagno

Barbavara Segretario.

# VERBALE

***della seconda adunanza della Commissione nominata per l'esame del progetto di traforamento dell'Alpi lungo la strada ferrata da condursi dall'Italia alla Francia.***

---

Nel primo giorno del mese di novembre del 1849, ed in una delle sale del Dicastero dei lavori pubblici, riunita la Commissione nominata il 13 luglio 1849 per l'esame del progetto di perforamento delle Alpi lungo la strada ferrata da condursi dall'Italia alla Francia per la Savoia, mancando all'adunanza il signor Professore Senatore Giulio per indisposizione di salute, il signor Presidente Cavaliere Paleocapa Ministro dei lavori pubblici legge la relazione già distesa come membro della Commissione intorno alle opinioni spiegate nelle diverse unioni parziali di esame del progetto di perforamento dell'Alpi, e la Commissione unanime, riconoscendo espresse nella elaborata relazione le opinioni già svolte in diverse conferenze di alcuni membri, propone che la relazione sia stampata ed unita al progetto del Cavaliere Maus, che dev'essere dato alla luce per agevolarne la cognizione al pubblico ed al Parlamento nazionale, al quale sarà sottoposto in un coll'idea di legge per intraprendere l'opera.

Nella relazione letta dal signor Ministro è fatto cenno della somma utilità di una strada ferrata da Genova, dall'Italia alla Savoia, alla Svizzera, alla Francia, e della necessità di produrla per traforo de' monti che si elevano a inospite nevose penne, e sono prese ad esame le ragioni di minore lunghezza di cammino e di galleria di traforo, di minore malagevolezza di traccia in erti siti, di maggiore abbondanza d'acque come forza motrice, che mossero a volgersi all'Alpi, risalendo l'acque della Dora riparia. È spiegato nella relazione, come il traforo dell'Alpi non ha sussidio di pozzi verticali, come la galleria

della lunghezza di metri 12,290 richiederebbe un tempo lunghissimo coi mezzi ordinarii di sterro, come il Cavaliere Maus immaginò una macchina progrediente, che mossa dall'acqua ai due ingressi di una galleria scocca gli scalpelli alla pietra, che tagliata e smossa cade.

Nella macchina dovuta al chiaro ingegno del Cavaliere Maus, il signor Relatore distingue, e considera tre parti.

1.ª Il meccanismo percussore che si avanza nelle viscere del monte.

2.ª Il meccanismo stabile che trasmette a quello percussore la forza motrice.

3.ª I congegni e i modi di trasmissione della forza motrice.

Per la prima parte di semplice congegno e di continua azione, l'esito è dimostrato dalle esperienze fatte con una macchina di grandezza naturale, la quale nel progetto è notevolmente migliorata.

Per la seconda parte, notata l'opportuna scelta della traccia della galleria, che concede la gratuita forza motrice delle acque applicabile al perforamento del monte e poi alla locomozione lungo il traforo, è dato alcun cenno delle macchine idrauliche, il cui effetto utile non è dubbio, perchè provato dalla teoria, come dall'esperienza, ed indi si rimarca, che quantunque l'acqua scema ne' rigori dell'inverno a Bardonnêche, è però compenso al minor volume l'abbondante cadente, potendosi poi disporre d'acque maggiori col cambiamento di traccia all'ingresso della galleria consigliato dal signor Cavaliere Mosca, nonchè colla costruzione dei bacini di colta d'acqua, giovevoli poi per la locomozione a tempi periodici.

Intorno alla terza parte sono lucidamente esposte le ragioni per le quali non è da porre in dubbio l'effetto della trasmissione di muovimento dalle ruote idrauliche al centro della galleria, quantunque l'esperienza già non assicuri l'esito col fatto, e la Commissione non dubitando dell'effetto della lontana tramissione di movimento, trova poi egregiamente ordinato ogni ufficio della macchina perforatrice, tagliando essa la pietra, l'acqua schizzando dove gli scalpelli la tagliano, i rigetti rimuovendo, alla circolazione dell'aria provvedendo, la forza motrice regolandosi poi da sè, e venendo a talento variata con un moderatore di squisito ingegno.

La galleria, prima scavata a modo di cunicolo, è poi ridotta con altri scalpelli percussori, o co' metodi già usati, all'altezza di 6 metri ed alla larghezza di 8 metri, questa concedendo la doppia via stimata necessaria alle ristorazioni di ogni maniera, utile alla ventilazione, non pregiudicievole pel tempo di lavoro, non gravosa per la spesa, la doppia via importando una spesa molto minore del doppio di quella inevitabile per una sola via.

Ricorda il signor Relatore, che la Commissione distese nelle parziali riunioni il suo esame alle traccie delle strade, che nelle valli della Dora e dell'Arc salgono al traforo del monte, trovandole come le concede migliori il compluvio delle valli, per pendici, curvature, e compartimenti in otto piani inclinati, lungo i quali la forza di trazione è l'acqua, e riproducendo le opinioni spiegate, conchiude credersi dalla Commissione lodevoli tutte quelle condizioni tecniche di perforamento del monte, e delle strade di accesso che si vedono esposte, e che si ammirano nel progetto del Cavaliere Maus.

Rivolgendo l'esame del progetto alla parte economica, il signor Relatore rammenta, aversi dalla Commissione ogni fiducia nel calcolo generale estimativo dell'opera, condotto con precisione, e più presto colla probabilità di minore, che di maggiore spesa, e spiega che l'importo della galleria dell'Alpi valutato in L. 13,772,000 è minore di quello proporzionale d'altre gallerie, essendone ragioni, la soppressione dei pozzi, l'acqua per sola forza motrice del lavoro, le pareti pietrose, nè blindate nè rivestite, gli aggottamenti di lieve momento.

Instituiti dei calcoli secondo diverse ipotesi di sfavorevoli condizioni nel traforo, il signor Relatore dimostra con essi, e con alcuni paragoni addotti, che nelle ipotesi medesime, possibili, ma non probabili, la spesa della mirabil opera sarebbe ben lungi dall'essere sproporzionata all'importanza economica e politica, e la Commissione, che approva il progetto dell'opera per rispetto pur anche alla determinazione della spesa, stima col signor Relatore, che sia da farsi la prima applicazione della macchina di perforamento all'ingresso nordico, d'onde la galleria sale, e dove son favorevoli le condizioni di lavoro, e che sia da commettere senza indugio le macchine allo stabilimento Seraing nel Belgio, premettendosi ad ogni lavoro in ferro, la costruzione in

legno del meccanismo percussore, meglio così agevolandosi ogni ultimo studio di finimento.

Il meccanismo percussore, lo stabilimento dell'edifizio idraulico e quello di ogni officina a Modane, gli sterri per arrivare all'ingresso della galleria, i primi lavori di perforamento, possono importare L. 720,000, e questa somma è quella che deve essere per ora domandata in assegnamento dal Parlamento.

Conchiude il signor Relatore, che il traforo dell'Alpi giovando, al commercio generale del Regno appianandone la via principale, al porto di Genova distendendone i limiti d'azione, alle provincie rapprossimandole, alla Savoia ritornandole il transito fra l'Italia e la Francia, alle valli della Dora e dell'Arc recando le materie per l'impiego delle acque che in esse scendono perenni e neglette, gioverà ad un tempo agli interessi delle più grandi ed industriose nazioni d'Europa, le quali sapranno grado al Piemonte dell'opera ardua ed inaudita, che con somma gloria imprende.

La Commissione dopo la lettura dell'approvata relazione chiede alcuni schiarimenti intorno alla direzione dei banchi di sollevamento dalla Dora all'Arc, ed il signor Professore Sismonda per modo li fornisce da far comprendere, che la disposizione de' banchi sollevati è favorevole alla direzione della galleria nelle viscere del monte.

Il signor Cavaliere Maus, interpellato intorno al procedimento simultaneo dei primi lavori di cunicolo col meccanismo percussore, e di quelli di progressivo dilatamento della galleria, porge una breve spiegazione delle combinazioni che concedono lungo il cunicolo l'opera simultanea del primo traforo, e della dilatazione del foro a galleria, la quale spiegazione in un coll'avvertenza di cuoprire le corde di trasmissione della forza motrice con tubi, dove vi hanno lavori di sterro, toglie ogni dubbio di possibile simultaneità di tutti gli occorrenti lavori lungo la galleria.

F. Menabrea - Cavalli Magg. d'art. - Angelo Sismonda - C. Mosca - Ernesto Melano - Carbonazzi - Paleocapa - Henri Maus

Barbavara Segretario.

# CARTA GENERALE

DELLE

# STRADE FERRATE

eseguite e progettate

## AL NORD E SUD

DELLA CATENA DELLE ALPI

# CARTE GÉNÉRALE

DES

# CHEMINS DE FER

exécutés et projetés

## AU NORD ET AU SUD

DE LA CHAÎNE DES ALPES

# STRADA FERRATA

*da*

DE

## NOTA

La lunghezza sviluppata è (misurata tra A e B) — per la strada Reale . . . . . . . . 62 . . Kilometri
— per la strada ferrata . . . . . . . 48 . . id.

**Economia della lungh.za da percorrere . . . . 14 id.**

il corriere impiega per fare il tragitto . . . . . . . . . . . . . . . . . 8 ore

per la strada ferrata se ne impiegheranno . . . . . . . . . . . . . . 1 ora 40'

**Economia di tempo . . . . . . . . . . 6.ore 20**

il trasporto di 1000 kilog.i di mercanzia costa
- per la strada R.le
  - in estate 29,f00 ritorno 39,f000 prezzo medio 34,f00 . . .
  - in inverno 31,f50 id 41,f50 id 36,f50 . . .
  - } 35.f 25 (1)
- per la strada ferrata in tutti i tempi . . . . . . . . . . . 5.f 85

**Economia di prezzo . . . . . . . . . . 29.f 40**

---

Lo Stabilimento della strada di ferro costerà
- per il traforo delle Alpi della lung.a di . . . . 12,290.m 14,000,000 f.
  (per metro lineare F. 1139)
- pei due tronchi a Nord e Sud del traforo della lunghezza complessiva di . . . . . . . . . 36,565.m 21,000,000 f.
  (per metro lineare F. 575)
- 48,855.m
- } 35,000,000 f.

---

Il traforo può essere terminato in cinque anni.

---

(1) [L'in]dicazione del prezzo di trasporto fu somministrata dal Sig. Belluomo Ing.re a Susa.

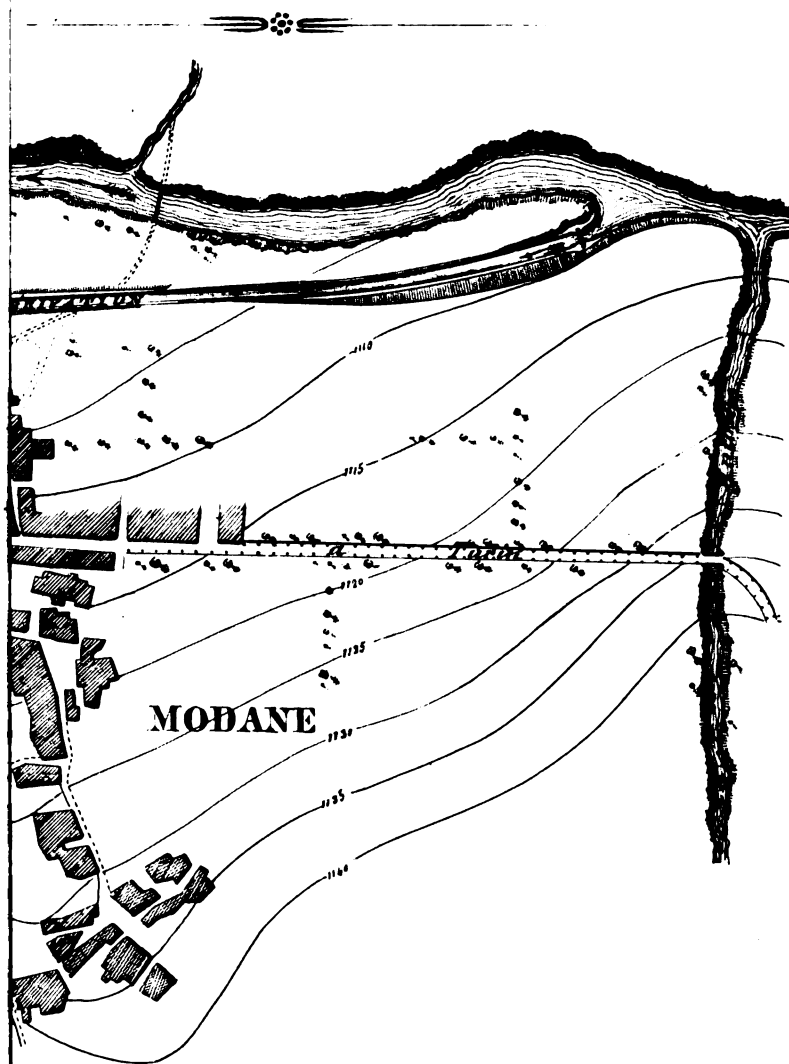
*Annexé à mon rapport en date de ce jour*
*Turin le 8. Fevrier 1849.*
*L'Inspecteur Honoraire du Génie Civil*
*(Signé) H. Maus.*

Ettore Lombardi dis. e lit.

# PIANO

ella entrata settentrionale della galleria delle Alpi,

indicante

ivazione, l'edifizio delle ruote idrauliche destinate a dare
lla macchina che scaverà la galleria. La galleria propa:
di riparazione di Scalpelli e le strade da aprirsi per
lle corde e delle materie provenienti dagli scavi

Lit. par Hector Lombardi

STRADA FERRATA DA CHAMBERY A TORINO

Entrata Nord della Galleria delle Alpi

Chariot de tension

Cable

Corda

Chariot

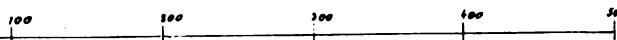
Chemin de fer du

de tension

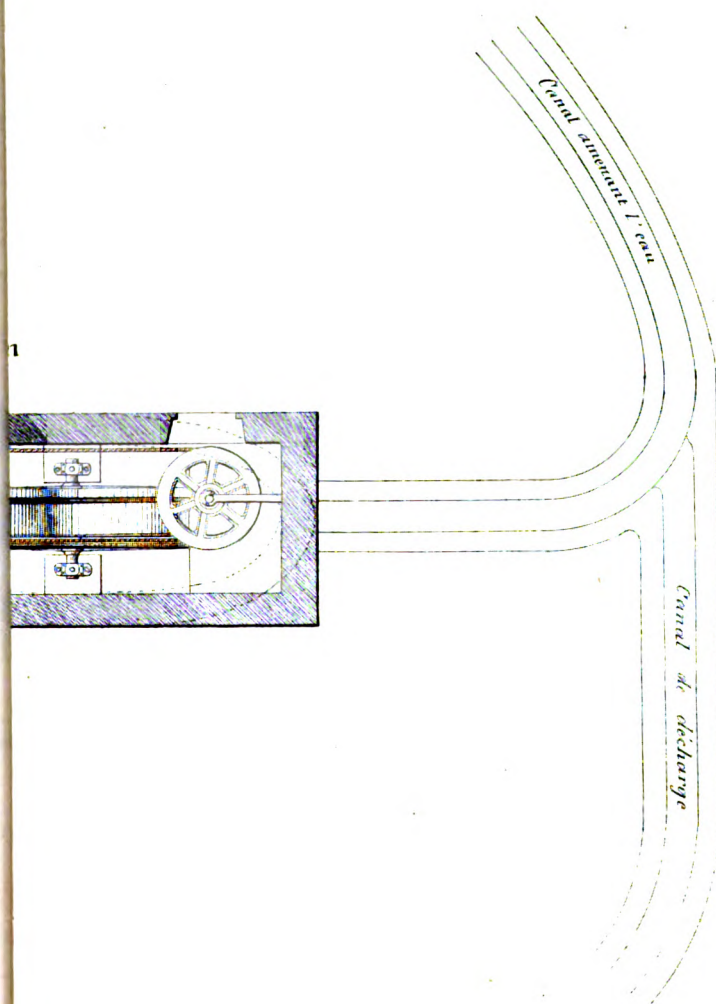
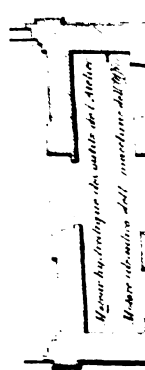
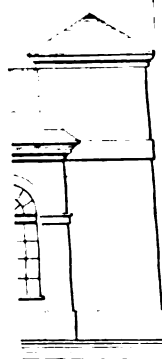
Canal de décharge

Gravé par Hector Lombardi

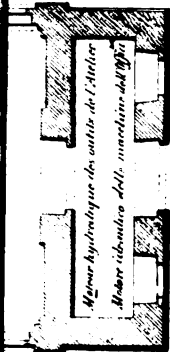
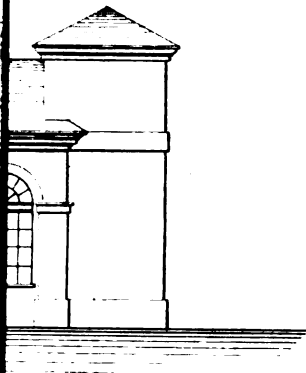
STRADA FERRATA DA CHAMBERY A TORINO

Entrata Nord
della
Galleria delle Alpi

Gravé par Hector Lombardi

STRADA FERRATA DA CHAMBERY A TORINO

Entrata Sud
della
Galleria delle Alpi

Gravé par Hector Lombardi

**STRADA FERRATA DA CHAMBERY A TORINO**

Entrata Nord e Sud
della
Galleria delle Alpi

Gravé par Hector Lombardi

STRADA FERRATA DA CHAMBÉRY A TORINO.

Galleria delle Alpi.

RIA

Gravé par Hector Lombardi